

**ANALISIS KUALITAS FISIK DAN KIMIA MINYAK GORENG
PADA PENGGORENGAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus* B.)
SECARA BERULANG DENGAN *VACUUM FRYING***

SKRIPSI

Oleh:
ROSYIDATUL ANWARIYAH
145100601111039



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**ANALISIS KUALITAS FISIK DAN KIMIA MINYAK GORENG
PADA PENGGORENGAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus* B.)
SECARA BERULANG DENGAN *VACUUM FRYING***

**Oleh:
ROSYIDATUL ANWARIYAH
145100601111039**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Minyak Goreng pada Penggorengan Ikan Lele (*Clarias gariepinus* B.) Secara Berulang dengan Vacuum Frying

Nama Mahasiswa : Rosyidatul Anwariyah

NIM : 145100601111039

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

**Dr. Ir. Anang Lastriyanto,****M.Si**

NIP 19621004 199002 1 001

Pembimbing Kedua,

**Prof. Dr. Ir. Sumardi Hadi****Sumarian, MS**

NIP 19540112 198002 1 001

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

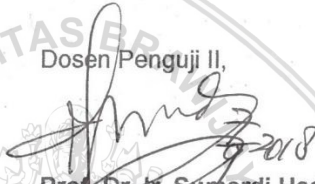
Judul TA : Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Minyak Goreng pada Penggorengan Ikan Lele (*Clarias gariepinus* B.) Secara Berulang dengan Vacuum Frying
Nama Mahasiswa : Rosyidatul Anwariyah
NIM : 145100601111039
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Anang Lastriyanto,M.Si

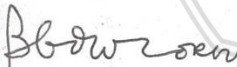
NIP 19621004 199002 1 001

Dosen Penguji II,

Prof. Dr. Ir. Sumardi HadiSumarlan, MS

NIP 19540112 198002 1 001

Dosen Penguji III,

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo,DEA

NIP 19610710 198601 1 001

Ketua Jurusan

La Chovvira Hawa, STP, MP,PhD

NIP 19780307 200012 2 001

Tanggal Lulus TA:

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Ngawi pada tanggal 28 Desember 1996 dari ayah yang bernama Djumali dan Ibu Sri Sudaryanti. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Wonokerto IV pada tahun 2005 dan masuk kembali di MI Al – Fattah Blembem sampai dengan tahun 2008, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di MTsN Kedunggalar dengan tahun kelulusan 2011, dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 3 Madiun pada tahun 2014.

Pada Tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Brawijaya Malang, Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Pada masa pendidikannya di Universitas Brawijaya, penulis aktif sebagai anggota Brawijaya Mengajar Angkatan III, dan Ketua Riset dan Edukasi tim lingkungan CARE (*Creative Action for Environment*) Himpunan Mahasiswa Keteknikan Pertanian. Pada Tahun 2017 penulis berhasil menyelesaikan Praktek Kerja Lapang di PT Frisian Flag Indonesia, Jakarta Timur. Pada tahun 2018, penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.



*Alhamdulillah.....Terima kasih Ya Allah
Karya kecil ini aku persembahkan kepada
kedua Orangtuaku, Kakak-kakakku dan Adikku tercinta*

PERNYATAAN KEASLIAN TA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Rosyidatul Anwariyah
NIM : 145100601111039
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul TA : Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Minyak
Goreng pada Penggorengan Ikan Lele
(*Clarias gariepinus* B.) Secara Berulang
dengan Vacuum Frying

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 20 Agustus 2018
Pembuat Pernyataan,

Rosyidatul Anwariyah
NIM 145100601111039

ROSYIDATUL ANWARIYAH. NIM 145100601111039. Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Minyak Goreng pada Penggorengan Ikan Lele (*Clarias gariepinus* B.) Secara Berulang dengan *Vacuum Frying*. TA. Pembimbing: Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si dan Prof. Dr. Ir Sumardi Hadi Sumarlan, MS

RINGKASAN

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan yang cukup populer dimasyarakat. Ikan ini berasal dari Benua Afrika dan pertama kali didatangkan ke Indonesia pada tahun 1984. Ikan lele banyak dikonsumsi karena mengandung gizi berupa protein, lemak, mineral, dan lain lain. Pada umumnya, ikan lele dikonsumsi sebagai lauk melalui proses penggorengan konvensional dengan media minyak goreng. Minyak goreng yang banyak dipakai untuk mengolah ikan lele dan bahan pangan lainnya adalah minyak goreng kelapa sawit. Suhu yang tinggi dan penggunaan minyak goreng secara berulang selama penggorengan akan mempercepat proses oksidasi pada minyak, sehingga menghasilkan makanan berwarna kurang menarik dan rasa yang tidak enak, serta kerusakan beberapa vitamin dan asam lemak esensial di dalam minyak. *Vacuum frying* dapat digunakan sebagai alternatif penggorengan ikan lele untuk menghambat penurunan kualitas minyak dan bahan. *Vacuum frying* merupakan proses menggoreng pada tekanan dibawah tekanan atmosfer atau kondisi hampa udara. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh suhu penggorengan dan penggunaan minyak secara berulang terhadap kualitas fisik dan kimia minyak goreng dari proses penggorengan ikan lele dengan *vacuum frying*. Penelitian ini menggunakan metode penelitian Rancangan Acak Kelompok dengan dua variasi perlakuan. Variasi perlakuan pertama adalah suhu penggorengan sebanyak tiga level yaitu 80, 90, dan 100 °C.

Sedangkan perlakuan kedua yaitu penggunaan minyak berulang sebanyak 10 kali dan diambil sampel pada penggorengan ke 1, 4, 7, dan 10. Dari perlakuan tersebut diperoleh 12 kombinasi dan diulang sebanyak dua kali. Parameter analisis kualitas minyak goreng dilakukan melalui pengujian sifat kimia yaitu kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida, serta sifat fisik berupa kadar air, massa jenis, dan viskositas.

Dari hasil analisis diketahui bahwa perlakuan suhu tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan kimia minyak goreng, sedangkan perlakuan penggunaan minyak goreng berulang berpengaruh nyata pada sifat kimia dan tidak berpengaruh nyata pada sifat fisik minyak goreng. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil kadar asam lemak bebas tertinggi sebesar 0,1166 % dan bilangan peroksida sebesar 5,1005 mek O_2/kg atau masih dibawah batas SNI. Sedangkan kadar air sebagian besar berada diatas batas SNI dengan rentang 0,070 – 0,255 %. Nilai massa jenis berada pada rentang 0,9090 – 0,9101 g/cm^3 dan nilai viskositas berada pada rentang 0,8420 – 0,9005 Poise. Masa pakai minyak untuk penggorengan vakum ikan lele pada suhu 80 °C sebanyak 45 kali, pada suhu 90 °C sebanyak 40 kali, dan pada suhu 100 °C sebanyak 36 kali.

Kata Kunci: ikan lele, masa pakai, minyak goreng, *vacuum frying*

ROSYIDATUL ANWARIYAH. NIM 145100601111039. Analysis of Physical and Chemical Quality of Cooking Oil on Frying Catfish (*Clarias gariepinus* B.) Repeatedly with Vacuum Frying. TA. Supervisor: Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si and Co-Supervisor: Prof. Dr. Ir Sumardi Hadi Sumarlan, MS

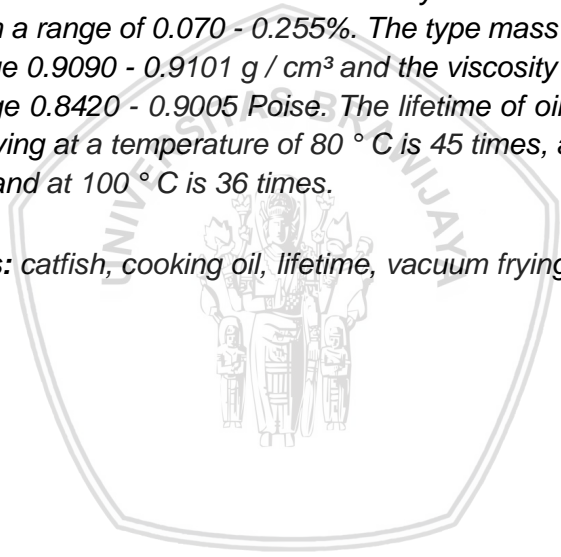
SUMMARY

Catfish is one of the fishery commodities that are quite popular in the community. This fish comes from the African Continent and was first imported to Indonesia in 1984. Catfish are widely consumed because they contain nutrients such as protein, fat, minerals, and others. In general, catfish is consumed as a side dish through conventional frying process with cooking oil. The most common cooking oil that used to process catfish and other foodstuffs are palm oil. High temperatures and repeated use of cooking oil during frying will accelerate the oxidation process in the oil, resulting in less attractive color foods and unpleasant taste, as well as damage to some essential fatty acids and vitamins in the oil. Vacuum frying can be used as an alternative to frying catfish to inhibit the degradation of oil and material quality. Vacuum frying is a process of frying under atmospheric pressure or vacuum. The purpose of this research is to analyze the effect of frying temperature and repeated oil usage on physical and chemical quality of cooking oil from catfish frying process with vacuum frying. This research used Randomized Block Design method with two treatment variations. The first treatment variation is frying temperature as much as three levels ie 80, 90, and 100 °C. While the second treatment is the repeated oil usage as much as 10 times and samples taken on the 1st, 4th, 7th and 1th of fryer. From the treatment obtained 12 combinations and repeated twice. Parameter analysis of cooking oil quality is done by testing the chemical properties of free fatty acid content

and peroxide number, and physical properties such as water content, density, and viscosity.

From the analysis it is known that the temperature treatment has no significant effect on the physical and chemical properties of cooking oil, while the treatment of repeated oil usage has significant effect on the chemical properties and has no significant effect on the physical properties of cooking oil. Based on the research, the highest free fatty acid content is 0.1166% and peroxide number 5,1005 mek O_2 / kg or still below the SNI standard. While the water content is mostly above the standard of SNI with a range of 0.070 - 0.255%. The type mass values are in the range 0.9090 - 0.9101 g / cm³ and the viscosity values are in the range 0.8420 - 0.9005 Poise. The lifetime of oil for catfish vacuum frying at a temperature of 80 ° C is 45 times, at 90 ° C is 40 times, and at 100 ° C is 36 times.

Keywords: catfish, cooking oil, lifetime, vacuum frying



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Minyak Goreng pada Penggorengan Ikan Lele (*Clarias gariepinus* B.) secara Berulang dengan *Vacuum Frying*” dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si dan Prof. Dr. Ir Sumardi Hadi Sumarlan, MS, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
2. Dr. Ir Bambang Dwi Argo, DEA, selaku dosen penguji atas segala saran dan masukannya
3. La Choviya Hawa, STP, MP, PhD, selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
4. Bapak Djumali dan Ibu Sri Sudaryanti, selaku orangtua penulis yang telah memberikan dukungan penuh baik berupa materi maupun doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
5. Ahmad Akbar Pramudito, Muhammad Agus Syahroni, dan Dian Arofati Nur Zam-zamy, selaku saudara kandung penulis yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa untuk kelancaran studi penulis hingga tahap akhir.
6. Lu'lu'i Zulaikho dan Merista Mazayastofa selaku sahabat karib penulis yang telah menemani dan banyak

- membantu penulis dalam masa studi S1, khususnya pada saat penyusunan tugas akhir.
7. Teman-teman seperjuangan Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya, khususnya Kelas H program studi Teknologi Bioproses.
 8. Semua pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan masukan demi perbaikan tugas akhir. Akhirnya harapan penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.



Malang, 20 Agustus 2018
Penulis,

Rosyidatul Anwariyah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ikan Lele	5
2.1.1 Kandungan Gizi Ikan Lele	6
2.1.2 Ikan Lele Mutiara	7
2.2 Minyak Goreng	7
2.2.1 Minyak Goreng Kelapa Sawit	7
2.2.2 Kerusakan Minyak Goreng	9
2.3 <i>Vacuum Frying</i>	18
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23

3.2.1 Alat	23
3.2.2 Bahan	24
3.3 Metode penelitian	24
3.4 Pelaksanaan Penelitian	25
3.5 Pengamatan dan Analisis Data.....	31
3.5.1 Parameter Pengamatan	31
3.5.2 Analisis Data	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Asam Lemak Bebas	35
4.2 Bilangan Peroksida.....	39
4.3 Massa Jennis	43
4.4 Viskositas	46
4.5 Kadar Air	48
4.6 Pendugaan Masa Pakai Minyak Goreng.....	51
4.6.1 Persamaan Reaksi Pembentukan Asam Lemak Bebas	51
4.6.2 Persamaan Reaksi Pembentukan Bilangan Peroxida.....	53
4.6.3 Perhitungan Masa Pakai Minyak Goreng	55
4.7 Hubungan Suhu dan Lama Proses Penggorengan.....	57
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
2.1	Kandungan Gizi Ikan Lele	6
2.2	Syarat Mutu Minyak Goreng Kelapa Sawit	8
2.3	Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Goreng Kelapa Sawit.....	9
3.1	Kombinasi Perlakuan Suhu dan Penggunaan Minyak Goreng.....	25
3.2	Spesifikasi Viskometer Digital	34
4.1	Data Hasil Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas.....	36
4.2	Data Hasil Pengujian Bilangan Peroksida	42
4.3	Data Hasil Pengujian Massa Jenis	42
4.4	Data Hasil Pengujian Viskositas.....	46
4.5	Data Hasil Pengujian Kadar Air	49
4.6	Persamaan Regresi Asam Lemak Bebas Orde Nol Dan Orde Satu	52
4.7	Nilai $\ln k$ dan $1/T$ pada Asam Lemak Bebas	52
4.8	Persamaan Regresi Bilangan Peroksida Orde Nol dan Orde Satu	54
4.9	Nilai $\ln k$ dan $1/T$ pada Bilangan Peroksida	54
4.10	Persamaan Reaksi dan Energi Aktivasi Pada Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida	56
4.11	Hasil Perhitungan Masa Pakai Minyak Goreng	56
4.12	Data Rata-rata Suhu Aktual Penggorengan	57

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
2.1	Mekanisme Pembentukan Asam Lemak Bebas	12
2.2	Mekanisme Reaksi Oksidasi	15
2.3	Mesin <i>Vacuum Frying</i>	20
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	30
4.1	Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas.....	38
4.2	Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Bilangan Peroksida	41
4.3	Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Massa Jenis	45
4.4	Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Viskositas.....	47
4.5	Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Kadar Air	50
4.6	Grafik Plot $\ln k$ dengan $1/T$ Asam Lemak Bebas	53
4.7	Grafik Plot $\ln k$ dengan $1/T$ Bilangan Peroksida	55
4.8	Grafik Hubungan Suhu dengan Waktu Penggorengan.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Data Hasil Pengujian Asam Lemak Bebas	69
2.	Data Hasil Pengujian Bilangan Peroksida	70
3.	Data Hasil Pengujian Massa Jenis	71
4.	Data Hasil Pengujian Viskositas.....	72
5.	Data HasilPengujian Kadar Air	73
6.	Data Analisis ANOVA Asam Lemak Bebas Minyak Goreng .	75
7.	Data Analisis ANOVA Bilangan Peroksida Minyak Goreng ..	77
8.	Data Analisis ANOVA Massa Jenis Minyak Goreng	79
9.	Data Analisis ANOVA Viskositas Minyak Goreng	81
10.	Data Analisis ANOVA Kadar Air Minyak Goreng	83
11.	Persamaan Regresi Orde Nol Asam Lemak Bebas.....	85
12.	Persamaan Regresi Orde Nol Bilangan Peroksida	87
13.	Persamaan Regresi Orde Satu Asam Lemak Bebas.....	89
14.	Persamaan Regresi Orde Satu Bilangan Peroksida	91
15.	Perhitungan Energi Aktivasi Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida	93
16.	Perhitungan Masa Pakai Minyak Goreng Berdasarkan Asam Lemak Bebas	94
17.	Data Pengamatan Suhu Aktual Proses Penggorengan	96
18.	Perhitungan Luasan Area Grafik Hubungan Suhu dan Waktu	98
18.	Dokumentasi Penelitian	99

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan yang cukup populer dimasyarakat. Ikan ini berasal dari Benua Afrika dan pertama kali didatangkan ke Indonesia pada tahun 1984. Ikan lele banyak dikonsumsi karena mengandung gizi berupa protein (17,7%), lemak (4,8%), mineral (1,2%), dan air (76%) (Ubadillah dan Wikanastri, 2010). Pada umumnya, ikan lele dikonsumsi sebagai lauk melalui proses penggorengan dengan media minyak goreng. Minyak goreng yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia adalah minyak goreng dari kelapa sawit. Di Indonesia, minyak goreng diproduksi dari minyak kelapa sawit dalam skala besar. Hingga tahun 2010 diperkirakan produksi minyak sawit mencapai lebih dari 3 juta ton per tahun (Noriko dkk, 2012).

Penggunaan minyak goreng untuk mengolah bahan pangan bertujuan untuk menambah citarasa, nilai gizi, dan umur simpan. Akan tetapi, penggunaan minyak goreng dengan pemanasan dapat menyebabkan kerusakan pada minyak dan mempengaruhi kualitas bahan pangan yang diolah serta dapat menyebabkan masalah pada kesehatan tubuh manusia. Selain itu, kerusakan minyak juga diakibatkan oleh adanya udara dan kandungan air didalam bahan. Kandungan air didalam ikan lele yang cukup tinggi sangat mempengaruhi produk dan kualitas minyak yang digunakan selama penggorengan, hal ini dikarenakan kandungan air dapat mempercepat proses kerusakan minyak goreng. Semakin rendah kadar airnya, maka ketahanan minyak serta kualitas minyak semakin baik.

Di Indonesia, sebagian besar masyarakat hanya mengolah ikan lele sebagai lauk dengan proses penggorengan secara konvensional. Penggunaan minyak goreng untuk

memasak sehari-hari sudah menjadi kebutuhan masyarakat dalam mengolah makanan, karena makanan yang digoreng memiliki cita rasa yang lezat dan gurih dibandingkan olahan makanan lainnya. Hal ini membuat sebagian besar masyarakat sangat bergantung pada minyak goreng. Akan tetapi, harga minyak goreng yang dinilai tinggi dan kurangnya pengetahuan membuat sebagian masyarakat masih sering menggunakan minyak goreng yang sudah terpakai hingga berulang kali dengan alasan penghematan. Kebiasaan tersebut akan mempercepat terjadinya kerusakan pada minyak yang berakibat buruk pada kesehatan tubuh.

Oleh karena itu, penggorengan ikan lele secara vakum dapat dijadikan sebagai salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penggorengan vakum (*vacuum frying*) merupakan proses menggoreng pada tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, hingga tekanan lebih kecil dari nol atau kondisi hampa udara. Proses penggorengan pada tekanan rendah ini akan menyebabkan titik didih minyak goreng juga lebih rendah (Shofiyatun, 2015). Pada kondisi vakum, suhu penggorengan dapat diturunkan menjadi 70 – 80 °C, karena terjadinya penurunan titik didih minyak (Kamsiati, 2010). Penggorengan suhu rendah ini dapat menurunkan laju kerusakan minyak goreng dan menghasilkan produk olahan yang lebih sehat. Akan tetapi, kualitas minyak yang digunakan selama proses penggorengan vakum tetap harus diperhatikan.

Terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas minyak goreng, diantaranya adalah parameter kimia berupa kandungan asam lemak bebas dan bilangan peroksida, serta parameter fisika berupa kadar air, massa jenis, dan viskositas. Dengan mengetahui kualitas kimia dan fisika, maka dapat diketahui apakah minyak goreng tersebut masih layak digunakan atau tidak.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh suhu terhadap kualitas fisik dan kimia minyak goreng hasil penggorengan vakum ikan lele?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan minyak goreng berulang terhadap kualitas fisik dan kimia minyak goreng hasil penggorengan vakum ikan lele?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas minyak secara fisik dan kimia pada penggorengan vakum ikan lele.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan minyak goreng berulang terhadap kualitas minyak secara fisik dan kimia pada penggorengan vakum ikan lele.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi masyarakat mengenai alternatif pengolahan ikan lele dan menciptakan peluang usaha baru. Selanjutnya diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi masyarakat untuk memperhatikan penggunaan minyak dalam penggorengan ikan lele dengan *vacuum frying*.

1.5 Batasan Masalah

- a. Penelitian ini hanya membahas analisis kualitas minyak goreng kelapa dengan parameter berupa kandungan asam lemak bebas, bilangan peroksida, kadar air, massa jenis, dan viskositas
- b. Tidak membahas neraca massa
- c. Tidak membahas rancang bangun alat
- d. Tidak membahas hasil dan umur simpan keripik ikan lele



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Lele

Lele merupakan jenis ikan konsumsi yang telah dikenal secara luas dan digemari oleh masyarakat sebagai lauk karena kandungan gizinya yang tinggi terutama protein. Selain itu daging ikan lele mempunyai cita rasa yang lezat dan gurih, halus, durinya teratur dapat disajikan kedalam berbagai macam olahan, rendah kolesterol dan harganya yang murah menjadikan lele disukai masyarakat berbagai kalangan (Hendriana, 2010).

Dalam klasifikasi, ikan lele merupakan family *Clariidae*, yaitu jenis ikan yang mempunyai bentuk kepala gepeng dan mempunyai alat pernapasan tambahan. Adapun sistematika dan klasifikasinya adalah sebagai berikut (Mahyuddin, 2008):

- Filum : *Chordota* (hewan yang bertulang belakang)
- Kelas : *Pisces* (bernapas dengan insang)
- Subkelas : *Telestoi* (ikan yang bertulang keras)
- Ordo : *Ostariophysi* (Ikan yang didalam rongga perut bagian atas memiliki tulang sebagai alat perlengkapan keseimbangan yang disebut tulang weber)
- Sub ordo : *Siluroidea* (ikan yang bentuk tubuhnya memanjang, tidak bersisik, dan berkulit licin)
- Famili : *Clariidae* (ikan dengan cirikhas bentuk kepala pipih dengan lempeng tulang keras sebagai batok kepala, bersungut empat pasang, sirip dada berpatil, dan mempunyai alat pernapasan tambahan)
- Genus : *Clarias*
- Spesies : *Clarias* Sp.

Ikan lele atau *Clarias* Sp. tersebar luas di benua Afrika dan Asia. Meski awalnya spesies ini hidup secara liar, namun saat ini ikan lele banyak dibudidayakan sebagai konsumsi atau

dikembangkan sebagai ikan hias diberbagai negara di Asia. Beberapa negara bahkan berhasil mengembangbiakkan ikan lele jenis unggulan di kolam pemeliharaan (Fatimah dan Mada, 2015).

2.1.1 Kandungan gizi ikan lele

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan yang cukup populer dimasyarakat untuk dimanfaatkan menjadi berbagai macam olahan pangan. Kandungan gizi daging ikan lele sebanding dengan daging ikan lainnya. Beberapa jenis ikan, termasuk ikan lele mengandung protein lebih tinggi dan lebih baik apabila diolah dengan baik. Berdasarkan buku pedoman analisis zat gizi yang diterbitkan oleh Direktorat Bina Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi Departemen Kesehatan RI Tahun 1991, daging ikan lele mengandung karoten 12.070 mikrogram dan vitamin A sebanyak 210 IU (Internasional Unit). Kandungan zat gizi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan jenis ikan lain (Djarjah, 2004). Kandungan gizi ikan segar (termasuk ikan lele) dan lele goreng menurut hasil analisis bahan makanan per 100 gram dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Ikan Lele per 100 gram

Zat Gizi	Macam Bahan	
	Ikan Segar	Lele Goreng
Air (gr)	76,0	10,0
Protein (gr)	17,0	19,0
Lemak (gr)	4,5	19,1
Karbohidrat (gr)	0	0
Fosfor (mg)	200,0	233,0
Kalsium (mg)	20,0	23,8
Zat Besi (mg)	1,0	1,2
Vitamin A (IU)	150,0	53,0
Vitamin B1 (mg)	0,05	0,58

Sumber: Direktorat Bina Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi Departemen Kesehatan RI Tahun 1991 dalam Djarjah, 2004

2.1.2 Ikan lele Mutiara

Ikan lele Mutiara merupakan salah satu *strain* ikan lele Afrika (*Clarias gariepinus*) yang memiliki keunggulan performa pertumbuhan, efisiensi pakan, keseragaman ukuran, serta ketahanan terhadap penyakit dan lingkungan. Ikan lele Afrika *Clarias gariepinus* Burchell merupakan spesies ikan lele yang telah dibudidayakan secara luas hampir di seluruh dunia. Di Indonesia, budidaya ikan lele Afrika telah dimulai sejak tahun 1985 dan saat ini telah menjadi salah satu komoditas perikanan budidaya yang populer. Upaya pemuliaan ikan lele Afrika telah dilakukan di Balai Penelitian Pemuliaan Ikan (BPPI) Sukamandi selama periode tahun 2010-2014 dan dihasilkan *strain* baru ikan lele Afrika unggul yang dinyatakan lulus ujian rilis pada 27 Oktober 2014 dengan nama Mutiara. Hal ini ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 77/KEPMEN-KP/2015. Ikan lele Mutiara memiliki keunggulan performa budidaya yang relatif lengkap yaitu dalam hal pertumbuhan, efisiensi pakan, keseragaman ukuran, toleransi penyakit, lingkungan, dan stres, serta produktivitas yang tinggi (Iswanto *dkk*, 2016).

2.2 Minyak Goreng

2.2.1 Minyak goreng kelapa sawit

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Setiap minyak atau lemak tidak ada yang hanya tersusun atas satu jenis asam lemak, karena minyak atau lemak selalu ada dalam bentuk campuran dari beberapa asam lemak (Noriko *dkk*, 2012). Menurut Ayustaningwarno *dkk* (2014), minyak goreng adalah minyak yang telah mengalami proses pemurnian yang meliputi *degumming*, netralisasi, pemucatan, dan deodorisasi. Secara umum, komponen utama minyak goreng

yang sangat menentukan mutu minyak adalah asam lemak karena asam lemak menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak.

Minyak goreng yang banyak digunakan oleh masyarakat luas adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit adalah minyak yang berasal dari serabut kelapa sawit, sedangkan minyak inti sawit (*Palm Kernet Oil*) adalah minyak yang berasal dari inti buah kelapa sawit. Bahan baku pembuatan minyak goreng kelapa sawit adalah *Crude Palm Oil* (CPO). CPO atau minyak sawit mentah ini didapat dari hasil pengepresan serabut (*fiber*) kelapa sawit (Mulyati dkk, 2015). Minyak goreng kelapa sawit yang dikonsumsi harus memenuhi syarat mutu yang telah ditentukan oleh pemerintah. Syarat mutu minyak goreng kelapa sawit mengacu pada SNI 7709:2012 yang ditampilkan pada **Tabel 2.2.**

Tabel 2.2 Syarat Mutu Minyak Goreng Kelapa Sawit

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Merah/kuning	Maks. 5,0/50
2.	Kadar air dan bahan menguap (b/b)	%	Maks. 0,1
3.	Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam palmitat)	%	Maks. 0,3
4.	Bilangan peroksida	mek Oz/kg	Maks 10
5.	Vitamin A	IU/g	Min 45
6.	Minyak pelican		Negatif
7.	Cemaran logam		
7.1	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
7.2	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,1
7.3	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,2/250,0
7.4	Merkuti (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
8.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, SNI 7709:2012

2.2.2 Kerusakan minyak goreng

Secara umum, komponen utama minyak goreng yang sangat menentukan kualitas minyak adalah asam lemak karena asam lemak menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak. Stabilitas minyak goreng dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain derajat ketidakjenuhan asam lemak yang dikandungnya, penyebaran ikatan rangkap dan bahan-bahan pembantu yang dapat mempercepat atau menghambat proses kerusakan pada minyak (Ayustaningwarno *dkk*, 2014). Kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak goreng kelapa sawit dapat dilihat pada **Tabel**

Tabel 2.3 Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Goreng Kelapa Sawit

Jenis Asam Lemak	Rumus Molekul	Kadar (%)
Asam Miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	1.1 – 2.5
Asam Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	40.0 – 46.0
Asam Stearate	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	3.6 – 4.7
Asam Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	39.0 – 45.0
Asam Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	7.0 – 11.0

Sumber: Rosalina (2017)

Pemanasan minyak goreng dengan suhu tinggi dan digunakan secara berulang akan mengakibatkan minyak mengalami kerusakan karena adanya oksidasi yang mampu menghasilkan senyawa aldehida, keton, serta senyawa aromatik yang mempunyai bau tengik. Selain itu juga mengakibatkan polimerasi asam lemak tidak jenuh sehingga komposisi medium minyak berubah (Ilmi *dkk*, 2015). Pada suhu lebih dari 100 °C, asam lemak jenuh pada minyak akan teroksidasi. Suhu yang tinggi selama penggorengan akan mempercepat proses oksidasi pada minyak, dan proses oksidasi akan menurun apabila suhu turun (Siswanto dan Surahma, 2015).

Minyak yang rusak akibat proses oksidasi akan menghasilkan makanan berwarna kurang menarik dan rasa yang tidak enak, serta kerusakan beberapa vitamin dan asam lemak esensial di dalam minyak. Proses oksidasi tersebut terjadi saat minyak tersebut mengalami kontak dengan sejumlah oksigen. Reaksi oksidasi juga akan menimbulkan bau tengik pada minyak dan lemak. Selain menimbulkan bau tengik, radikal bebas juga dapat terbentuk akibat oksidasi yang mempunyai dampak merusak sel dan jaringan tubuh. Hal ini disebabkan radikal bebas bersifat sangat reaktif (Noriko *dkk*, 2012).

Penurunan kualitas atau mutu minyak goreng selama proses penggorengan dapat dihitung dengan pendekatan persamaan reaksi orde 0 dan reaksi orde 1 serta persamaan Arrhenius. Pada tahun 1889, Arrhenius mempelajari pengaruh suhu terhadap laju reaksi kimia. Selanjutnya pada tahun 1980, Labuza menguraikan penggunaan reaksi kimia dalam mempelajari penurunan mutu bahan pangan (Khatir *dkk*, 2015). Penurunan mutu yang mengikuti orde reaksi 0 merupakan penurunan mutu yang bersifat konstan meliputi reaksi kerusakan enzimatis, pencoklatan enzimatis, dan reaksi oksidasi. Sedangkan tipe kerusakan produk yang mengikuti reaksi orde 1 meliputi ketengikan, pertumbuhan mikroba, *off-flavor*, kerusakan vitamin, dan penurunan mutu vitamin (Oceanic *dkk*, 2017).

Berikut adalah persamaan reaksi orde 0 dan orde 1 (Khatir *dkk*, 2015):

$$A = A_0 - kt \quad (\text{orde } 0)$$

$$\ln A = \ln A_0 - kt \quad (\text{orde } 1)$$

Sedangkan pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{EA}{R \times T}$$

Keterangan:

A : Nilai mutu A setelah proses

A₀ : Nilai mutu A awal

k : konstanta laju reaksi

t : waktu

EA : energi aktivasi

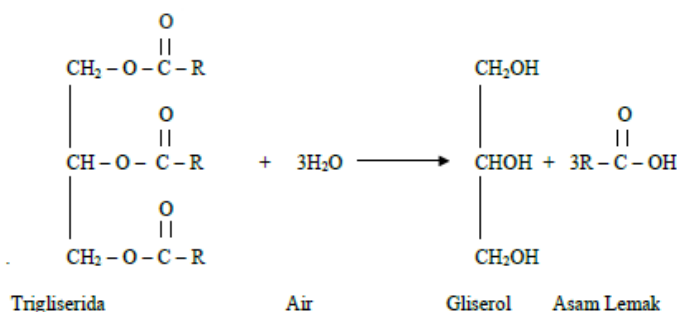
R : konstanta gas yang nilainya 1,986 (kal/mol K)

T : Suhu Absolut (K)

Kerusakan atau peurunan mutu minyak goreng dapat diketahui dengan beberapa parameter mutu seperti asam lemak bebas, bilangan peroksida, massa jenis, viskosita, dan kadar air.

a. Asam lemak bebas

Asam lemak bebas (ALB) atau *Free Fatty Acid* (FFA) adalah asam lemak yang dibebaskan pada hidrolisis lemak. Kadar asam lemak bebas dalam minyak kepa sawit biasanya hanya dibawah 1% (Sopianti dkk, 2017). Pada saat minyak digunakan, pada awal proses asam lemak bebas dihasilkan melalui proses pemecahan oksidasi. Namun pada tahap selanjutnya, asam lemak bebas dihasilkan dari proses hidrolisis. Reaksi hidrolisis tersebut mengubah trigliserida pada minyak goreng menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol akibat adanya sejumlah air didalam minyak (Chairunnisa, 2013). Mekanisme pembentukan asam lemak bebas melalui proses hidrolisis dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Mekanisme Pembentukan Asam Lemak Bebas (Siregar, 2008)

Analisis kandungan asam lemak bebas minyak goreng telah dilakukan pada proses pembuatan keripik pisang dengan penggorengan vakum. Pada pengulangan penggorengan sebanyak 4 kali diketahui kandungan asam lemak bebas minyak goreng kelapa mengalami kenaikan secara berturut-turut yaitu sebesar 0,1944%, 0,2052%, 0,2387%, dan 0,2415% (Herlina dkk, 2017). Selain itu, kandungan asam lemak bebas minyak goreng pada penggorengan konvensional keripik pisang juga telah diuji. Berdasarkan pengujian tersebut diketahui bahwa kandungan asam lemak bebas minyak goreng meningkat akibat pemakaian minyak secara berulang. Pada penggorengan berulang sebanyak 15 kali, kandungan asam lemak bebas berkisar antara 0,17 – 0,38 % (Mongi dkk, 2016). Asam lemak dalam bahan pangan dengan kadar lebih besar dari berat lemak akan mengakibatkan rasa yang tidak diinginkan dan dapat meracuni tubuh. Dalam penelitian terdahulu asam lemak yang diberikan pada ternak atau diinjeksikan kedalam darah menyebabkan timbulnya gejala diare, kelambatan pertumbuhan, pembesaran organ, kanker, kontrol tak sempurna pada pusat saraf dan mempersingkat umur (Irmawati, 2013).

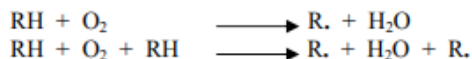
Kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit dapat diturunkan dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben tertentu. Secara umum adsorpsi diartikan sebagai suatu proses pemisahan komponen-komponen tertentu dalam fasa cair atau gas melewati suatu permukaan padat yang disebut adsorben, sedangkan komponen-komponen yang diserap disebut adsorbat. Salah satu contoh adsorben yang dapat digunakan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas adalah Zeolit. Zeolit merupakan jenis batuan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben pada proses penurunan kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit. Zeolit sangat baik digunakan sebagai adsorben sebab mempunyai daya serap yang tinggi, luas permukaan yang besar, memiliki pori yang banyak dan juga harganya relatif murah serta banyak terdapat di Indonesia. Seperti pada penelitian terdahulu penggunaan adsorben Zeolit dengan metode batch menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 17,86% dan dengan metode kolom dapat menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 68,07% (Astuti *dkk*, 2006). Selain itu, penurunan kadar asam lemak bebas minyak kelapa sawit juga dapat dilakukan dengan proses netralisasi dengan NaOH pada CPO (Minyak kelapa sawit mentah). Pada penelitian Kurniati dan Wahono (2015) diketahui bahwa penggunaan konsentrasi NaOH sebesar 18 °Be dapat menurunkan kadar asam lemak bebas sebanyak 0,0844%.

a. Bilangan peroksida

Bilangan peroksida merupakan salah satu penentu kerusakan minyak. Pada awal proses oksidasi, akan terbentuk senyawa peroksida yang merupakan senyawa labil dan mudah bereaksi lebih lanjut. Selanjutnya akan terbentuk senyawa keton dan aldehid yang menyebabkan bau dan cita rasa tengik pada minyak dan menandakan minyak telah rusak (Suroso, 2013). Selain menimbulkan bau tengik, radikal bebas juga dapat

terbentuk akibat oksidasi yang mempunyai dampak merusak sel dan jaringan tubuh. Hal ini disebabkan radikal bebas bersifat sangat reaktif (Noriko dkk, 2012). Secara lengkap, mekanisme oksidasi diawali dengan tahap inisiasi yaitu bila lipida kontak dengan panas, cahaya, ion metal atau oksigen maka akan terbentuk radikal bebas (R^*). Tahap selanjutnya adalah tahap propagasi dimana autooksidasi berawal ketika radikal bebas (R^*) hasil tahap inisiasi bertemu dengan oksigen, membentuk radikal peroksida (ROO^*). Radikal peroksida yang terbentuk akan mengekstrak ion hidrogen dari lipida lain (R_1H) membentuk hidroperoksida ($ROOH$) dan molekul radikal lipida baru (R_1^*). Selanjutnya reaksi autooksidasi ini akan berulang sehingga merupakan reaksi berantai. Hidroperoksida yang terbentuk merupakan senyawa yang tidak stabil dan mudah terpecah sehingga akan terdekomposisi menjadi senyawa organik berantai pendek seperti aldehida, keton, alkohol dan asam lemak bebas. Tahap terakhir oksidasi lipida adalah tahap terminasi, dimana komponen radikal bebas akan kontak dengan sesama komponen radikal bebas dan membentuk produk yang tidak aktif (Anggraini, 2007). Reaksi kimia proses oksidasi dapat dilihat pada **Gambar 2.2.**

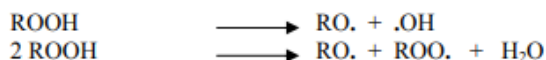
Inisiasi :



Propagasi :



Dekomposisi peroksida :



Terminasi :



Keterangan :

- RH : zat organik atau hidrokarbon
 ROO. : radikal peroksida
 ROOH : Hidroperoksida
 I : Radikal stabil / tidak aktif
 IH : penghambat radikal bebas

Gambar 2.2 Mekanisme Reaksi Oksidasi (Anggraini, 2007)

Analisis bilangan peroksida minyak goreng telah dilakukan pada proses pembuatan keripik pisang dengan penggorengan vakum. Pada pengulangan penggorengan sebanyak 4 kali diketahui nilai bilangan peroksida minyak goreng kelapa mengalami kenaikan secara berturut-turut yaitu sebesar 2,5909 mek O₂/kg, 2,7971 mek O₂/kg, 3,3807 mek O₂/kg, dan 3,6067 mek O₂/kg (Herlina *dkk*, 2017). Selain itu, nilai bilangan peroksida minyak goreng pada penggorengan konvensional keripik pisang juga telah diuji. Berdasarkan pengujian tersebut diketahui bahwa nilai bilangan peroksida minyak goreng meningkat akibat pemakaian minyak secara berulang. Pada penggorengan berulang sebanyak 15 kali, nilai bilangan peroksida berkisar antara 0,76 – 7,50 mek O₂/kg. Minyak goreng

dengan jumlah bilangan peroksida lebih dari 100 mek O_2/kg akan bersifat sangat beracun (Nurhasnawati *dkk*, 2015). Seperti diketahui bahwa reaksi oksidasi yang menyebabkan senyawa peroksida tinggi dalam proses lebih lanjut juga dapat membentuk senyawa radikal bebas. Senyawa radikal bebas ini apabila ikut dikonsumsi dalam tubuh dapat memicu kerusakan syaraf dan otak, penimbunan kolesterol dalam darah hingga penyakit jantung. Untuk meminimalisir bahaya radikal bebas pada tubuh dapat dilakukan dengan konsumsi antioksidan. Dengan adanya antioksidan, senyawa radikal bebas akan segera bereaksi dengan antioksidan membentuk molekul yang stabil dan tidak berbahaya (Khaira, 2010).

- Reaksi tanpa antioksidan:

Reaktan \longrightarrow Produk + $-OH-OH$ + (DNA, Protein, Lipid)
 \longrightarrow Produk + Radikal bebas lain

- Reaksi dengan antioksidan:

Reaktan \longrightarrow Produk + $-OH-OH$ + Antioksidan
 \longrightarrow Produk Stabil

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan penambahan antioksidan untuk mengurangi kadar peroksida pada minyak jelantah. Pada penelitian tersebut, minyak jelantah ditambahkan bawang merah sebagai antioksidan alami karena mengandung senyawa flavonoid. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa penambahan antioksidan dari bawang merah dapat mengurangi kadar peroksida hingga 68,07% (Sulistiyowati dan Sulma, 2017).

b. Massa jenis

Massa jenis minyak goreng yang baik adalah antara 860 – 910 kg/m³. Minyak goreng yang belum dipakai memiliki nilai massa jenis lebih besar dibandingkan dengan massa jenis minyak setelah pemanasan, hal ini dikarenakan ikatan antar molekul pada minyak berkurang yang menyebabkan kerapatan minyak juga berkurang (Warsito *dkk*, 2013). Analisis massa jenis minyak goreng telah dilakukan pada proses pembuatan keripik pisang dengan penggorengan vakum. Pada pengulangan penggorengan sebanyak 4 kali diketahui nilai massa jenis minyak goreng kelapa mengalami kenaikan secara berturut-turut yaitu sebesar 0,9145 gr/ml, 0,9175 gr/ml, 0,9193 gr/ml, dan 0,9193 gr/ml (Herlina, 2017).

c. Kadar air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan yang dinyatakan dalam bentuk persen (Lindani, 2016). Proses hidrolisis minyak semakin cepat seiring dengan banyaknya kandungan air didalam minyak. Air yang ditetapkan ini adalah air yang terikat secara fisik dengan minyak, oleh karenanya air dapat dipisahkan dari minyak dengan cara dikeringkan dalam oven bersuhu 100 – 105 °C (Suroso, 2013). Pada penelitian Chairunisa (2013) mengenai pengujian kualitas minyak goreng pada pedagang gorengan, diketahui kadar air awal minyak goreng sebesar 0,138% naik pada penggorengan pertama menjadi 0,146%, dan pada penggorengan kedua sebesar 0,154%. Hal tersebut menunjukkan bahwa seringnya penggunaan minyak goreng memberikan efek sinergis terhadap peningkatan kadar air minyak goreng yang kemungkinan disebabkan oleh proses pencelupan bahan.

d. Viskositas

Pada hasil penelitian sebelumnya yang membandingkan nilai viskositas minyak goreng kelapa sawit kemasan dan curah, diketahui bahwa nilai viskositas minyak goreng meningkat seiring lama waktu pemanasan dan pemakaian berulang. Pada pemakaian berulang sebanyak 10 kali selama 30 menit (ekanan 1 atm), nilai viskositas awal minyak goreng kemasan sebesar 775,58 μ Pas naik menjadi 1352,88 μ Pas, sedangkan nilai viskositas awal minyak goreng curah sebesar 1186,56 μ Pas menjadi 1721,62 μ Pas (Yusibani *dkk*, 2017). Analisis viskositas minyak goreng jenis kelapa juga telah dilakukan, yaitu pada pembuatan keripik pisang dengan penggorengan vakum (Suhu 80 – 90 °C dan tekanan -70 s/d -76 cmHg). Pada pengulangan penggorengan sebanyak 4 kali diketahui nilai viskositas minyak kelapa mengalami kenaikan secara berturut-turut yaitu 0,0205 Poise, 0,0230 Poise, 0,0268 Poise, dan 0,0334 Poise (Herlina *dkk*, 2017).

2.3 Vacuum frying

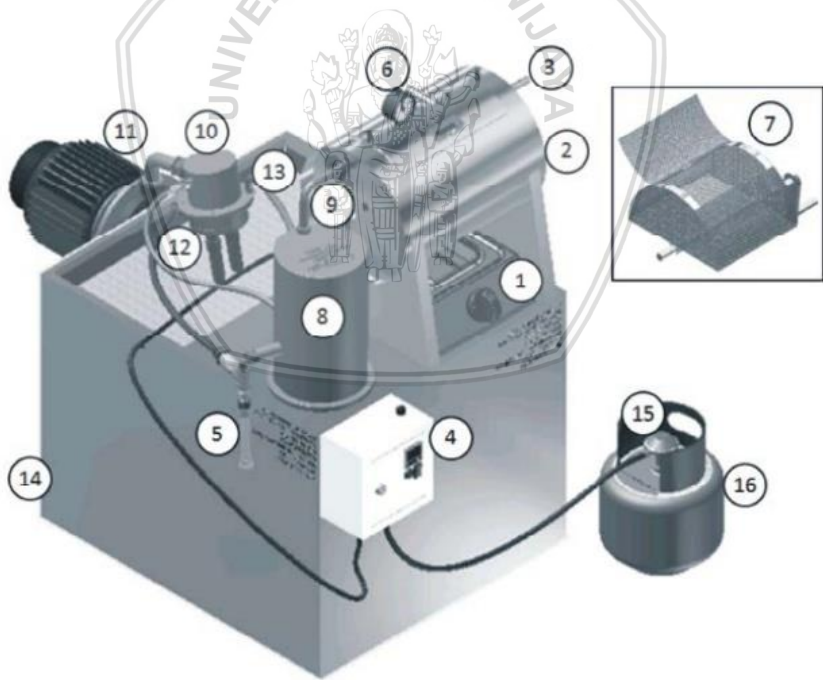
Menggoreng adalah suatu proses untuk memasak bahan pangan menggunakan lemak atau minyak pangan (Warsito *dkk*, 2013). Penggorengan sama seperti pengeringan, yang membedakan hanya medium yang digunakan. Pada proses pengeringan menggunakan medium udara panas, sedangkan penggorengan menggunakan media berupa minyak (Suryadi *dkk*, 2016). Selain itu proses menggoreng dapat diartikan sebagai persiapan makanan dengan cara memanaskan bahan makanan didalam ketel berisi minyak (Sartika, 2009). Proses ini bertujuan untuk menghasilkan produk yang mengembang dan renyah. Selain itu juga meningkatkan cita rasa, warna, gizi, dan daya awet produk akhir. Penggorengan dapat mengubah *eating quality* suatu makanan dan memberikan efek preservasi akibat destruksi mikroorganisme dan enzim serta mengurangi kadar air, sehingga

daya simpan menjadi lebih baik (Sunaryo, 2014). Penggorengan merupakan proses persiapan makanan yang umum dipakai diseluruh dunia. Pada proses ini terjadi perpindahan kalor dan perpindahan massa, yaitu uap air meninggalkan makanan dalam bentuk gelembung uap, sedangkan minyak diserap secara bersamaan. Selama proses penggorengan karakteristik fisik dan kimia bahan akan berubah. Pada umumnya penggorengan dilakukan pada suhu tinggi yaitu 180 °C sehingga menyebabkan reaksi yang merugikan pada bahan. *Vacuum frying* atau penggorengan vakum merupakan salah satu alternatif menggoreng untuk meningkatkan kualitas makanan (Supardan dan Satriana, 2007).

Menurut Muchtadi dalam Shofiyatun (2015), penggorengan vakum adalah proses menggoreng pada tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, hingga tekanan lebih kecil dari nol atau kondisi hampa udara. Proses penggorengan pada tekanan rendah ini akan menyebabkan titik didih minyak goreng juga lebih rendah, sehingga proses penggorengan ini sangat sesuai digunakan untuk menggoreng bahan pangan yang tidak tahan suhu tinggi. Pada kondisi vakum, suhu penggorengan dapat diturunkan menjadi 70 – 80 °C, karena terjadinya penurunan titik didih minyak. Dibandingkan dengan penggorengan konvensional, sistem vakum menghasilkan produk yang jauh lebih baik dari segi penampakan warna, aroma, dan rasa (Kamsiati, 2010).

Mesin penggoreng vakum (*vacuum frying*) adalah mesin produksi untuk menggoreng berbagai macam buah dan sayuran dengan cara penggorengan hampa. Prinsip kerja *vacuum frying* adalah mengisap kadar air dalam bahan pangan dengan kecepatan tinggi agar pori-pori daging bahan tidak cepat menutup, sehingga kadar air dalam bahan dapat diserap dengan sempurna (Widya, 2012). Menurut Anggraini (2015), mesin penggoreng vakum terdiri dari beberapa komponen yaitu:

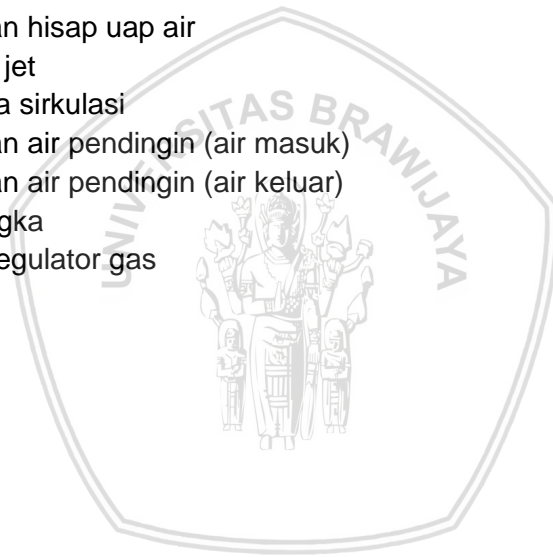
1. Pompa vakum dengan sistem *water jet* untuk menghisap uap air
 2. Ruang penggoreng sebagai tempat pemanasan minyak yang dilengkapi dengan keranjang untuk pengangkat dan pencilup bahan
 3. Kondensor untuk mengembunkan uap air
 4. Pengendali operasi untuk mengendalikan suhu dan tekanan operasi
 5. Pemanas (sumber panas) berfungsi untuk memanaskan minyak dengan gas sebagai bahan bakar
 6. *Spinner* berfungsi untuk memeras minyak yang masih terkandung pada bahan pangan dengan prinsip spin.
- Komponen lengkap mesin penggoreng vakum (*vacuum frying*) dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Mesin *Vacuum Frying* Lastriyanto (2013)

Keterangan **Gambar 2.3:**

1. Sumber panas
2. Tabung penggoreng
3. Tuas pengaduk
4. Pengendali suhu
5. Penampung kondensat
6. Pengukur vakum
7. Keranjang penampung bahan
8. Kondensor
9. Saluran hisap uap air
10. Water jet
11. Pompa sirkulasi
12. Saluran air pendingin (air masuk)
13. Saluran air pendingin (air keluar)
14. Kerangka
15. LPG/regulator gas
16. LPG





III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2018 sampai dengan Mei 2018.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. *Vacuum Frying* : sebagai media penggorengan
2. Pisau : untuk memotong bahan
3. Talenan : sebagai alas saat memotong bahan
4. Wadah : sebagai tempat bahan
5. Penjepit : untuk memasukkan dan mengambil bahan
6. *Freezer* : sebagai tempat pendingin bahan
7. Timbangan digital : untuk menimbang massa bahan
8. Stopwatch : untuk mengitung waktu
9. Corong : media pembantu memasukkan minyak kedalam
botol
10. Botol kaca : sebagai wadah sampel minyak
11. Buret : untuk mengukur kadar asam
lemak bebas dan
bilangan peroksida
12. Gelas ukur : untuk mengukur volume bahan
13. Erlenmeyer : sebagai wadah sampel pengujian

14. Piknometer : untuk mengukur massa jenis sampel minyak
15. Viskometer : untuk mengukur viskositas sampel minyak

3.2.2 Bahan

1. Ikan lele : sebagai bahan baku pembuatan keripik
2. Minyak goreng : sebagai media penggorengan
3. Aluminium foil : untuk membungkus botol kaca
4. NaOH 0.1 N, Alkohol, dan Indikator Phenoftalein : untuk menguji asam lemak bebas
5. Chloroform, Asam Asetat Glasial, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N, Kalium Iodida Jenuh, Amilum, Akuades : untuk menguji bilangan peroksida

3.3 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan dua variasi perlakuan. Variasi perlakuan pertama adalah suhu penggorengan sebanyak tiga level yaitu 80, 90, dan 100 °C. Sedangkan perlakuan kedua yaitu penggunaan minyak berulang sebanyak 10 kali dan diambil sampel pada penggorengan ke 1, 4, 7, dan 10. Dari perlakuan tersebut diperoleh 12 kombinasi dan diulang sebanyak dua kali. Kombinasi perlakuan suhu dan penggunaan minyak goreng dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Secara rinci variasi perlakuan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Faktor 1: Suhu Penggorengan (T)

T1 = 80 °C

T2 = 90 °C

T3 = 100 °C

Faktor 2: Penggunaan minyak goreng (P)

P1: Minyak penggorengan pertama

P2: Minyak penggorengan kedua

P3: Minyak penggorengan ketiga

P4: Minyak penggorengan keempat

P5: Minyak penggorengan kelima

P6: Minyak penggorengan keenam

P7: Minyak penggorengan ketujuh

P8: Minyak penggorengan kedelapan

P9: Minyak penggorengan kesembilan

P10: Minyak penggorengan kesepuluh

Tabel. 3.1 Kombinasi Perlakuan Suhu dan Penggunaan Minyak Goreng

Suhu (T)	Penggunaan minyak (P)			
	Pertama	Keempat	Ketujuh	Kesepuluh
80 °C	T1P1	T1P4	T1P7	T1P10
90 °C	T2P1	T2P4	T2P7	T2P10
100 °C	T3P1	T2P4	T3P7	T3P10

3.4 Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan lele yang diperoleh dari peternak di daerah Sengkaling, Dau, Kabupaten Malang. Ikan lele yang dipilih adalah jenis ikan lele mutiara yang berumur kurang lebih 4 bulan. Selanjutnya disiapkan minyak goreng sebagai media penggorengan yaitu minyak dengan merk Kuda.

2. Pembersihan dan pemotongan

Ikan lele yang sudah mati dibersihkan kotoran bagian dalamnya, kemudian *difillet* atau dipisahkan dari kepala dan tulangnya. Daging ikan lele yang telah *difillet* selanjutnya dipisahkan dari kulitnya dan dipotong-potong dengan dimensi 3

cm x 1 cm x 1 cm (menyesuaikan ukuran bahan). Pemotongan bahan ini bertujuan untuk mempermudah penggorengan.

3. Pencucian dan penimbangan

Daging ikan lele dicuci hingga bersih dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran atau darah yang masih menempel pada ikan. Selanjutnya dilakukan penimbangan yang bertujuan untuk mengetahui massa bahan sebelum dan sesudah penggorengan menggunakan timbangan digital. Massa bahan awal yang digunakan satu kali penggorengan adalah sebesar 400 gram. Daging ikan lele yang telah ditimbang kemudian dimasukkan kedalam lemari pendingin (*freezer*).

4. Pembekuan

Pembekuan dilakukan untuk mempertahankan kualitas ikan lele sebelum digoreng agar tidak terjadi kerusakan. Pembekuan dilakukan didalam *freezer* selama kurang lebih 24 jam.

5. Penggorengan vakum

Perbandingan bahan yang digunakan dalam penggorengan vakum adalah sebesar 1 : 25 (b/v) dengan ikan lele *fillet* sebanyak 400 gram dan minyak goreng sebanyak 10 liter pada setiap proses penggorengan. Tekanan yang digunakan dalam penggorengan ini sebesar -70 cmHg (vakum) dengan 3 perlakuan suhu yang berbeda yaitu 80, 90, dan 100 °C. Langkah-langkah penggorengan vakum adalah sebagai berikut:

- a. Tabung penggorengan vakum diisi dengan minyak goreng sebanyak 10 liter sesuai dengan kapasitas mesin *vacuum frying*. Pengisian minyak goreng dilakukan sampai keranjang didalam tabung terendam oleh minyak.
- b. Mesin dinyalakan dan diatur suhu yang diinginkan pada kontrol panel, kemudian dinyalakan kompor gas.

- c. Setelah mencapai suhu *setting* yang diinginkan, bahan dimasukkan kedalam keranjang penggorengan dengan posisi keranjang berada dibagian atas atau tidak terendam minyak dan dikunci. Kemudian tabung penggorengan ditutup dan keranjang diputar agar tenggelam kedalam minyak.
- d. Keran pada penutup tabung penggorengan ditutup agar mencapai kondisi vakum.
- e. Pompa *water jet* dinyalakan dan keranjang penggorengan diputar setiap 10 menit.
- f. Bahan digoreng hingga mencapai indikator kematangan bahan yaitu ketika minyak dalam keadaan tenang atau tidak terdapat gelembung pada minyak. Kondisi tersebut dapat dilihat melalui kaca pada penutup tabung. Apabila proses penggorengan telah selesai, keranjang diputar kembali keatas (tidak terendam minyak) dan kompor dimatikan.
- g. Pompa *water jet* dan mesin dimatikan. Kemudian keran pada tabung penggoreng dibuka secara perlahan hingga tekanan mencapai 0 cmHg.
- h. Penutup tabung penggorengan dan keranjang dibuka, kemudian diambil bahan dari keranjang.
- i. Bahan ditiriskan menggunakan mesin *spinner*.

6. Pengambilan sampel minyak

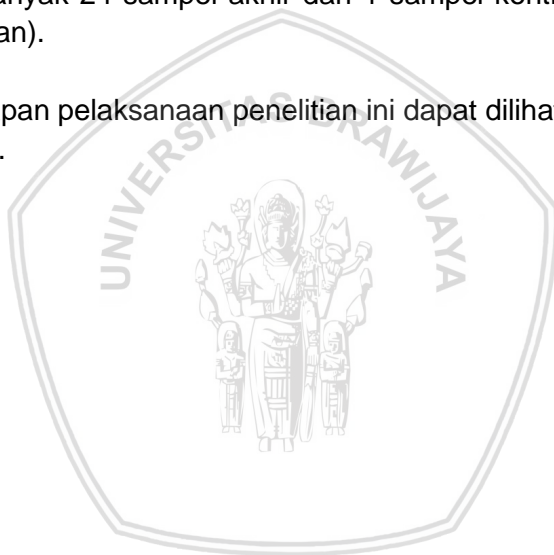
Sampel minyak goreng diambil melalui keran yang berada dibagian samping tabung penggoreng. Pengambilan sampel terlebih dahulu disaring agar kotoran sisa-sisa penggorengan tidak tercampur kedalam sampel. Kemudian langsung dimasukkan kedalam botol kaca dengan bantuan corong sebanyak ± 150 ml dan ditutup rapat. Selanjutnya botol yang berisi sampel dibungkus dengan aluminium foil agar tidak terjadi

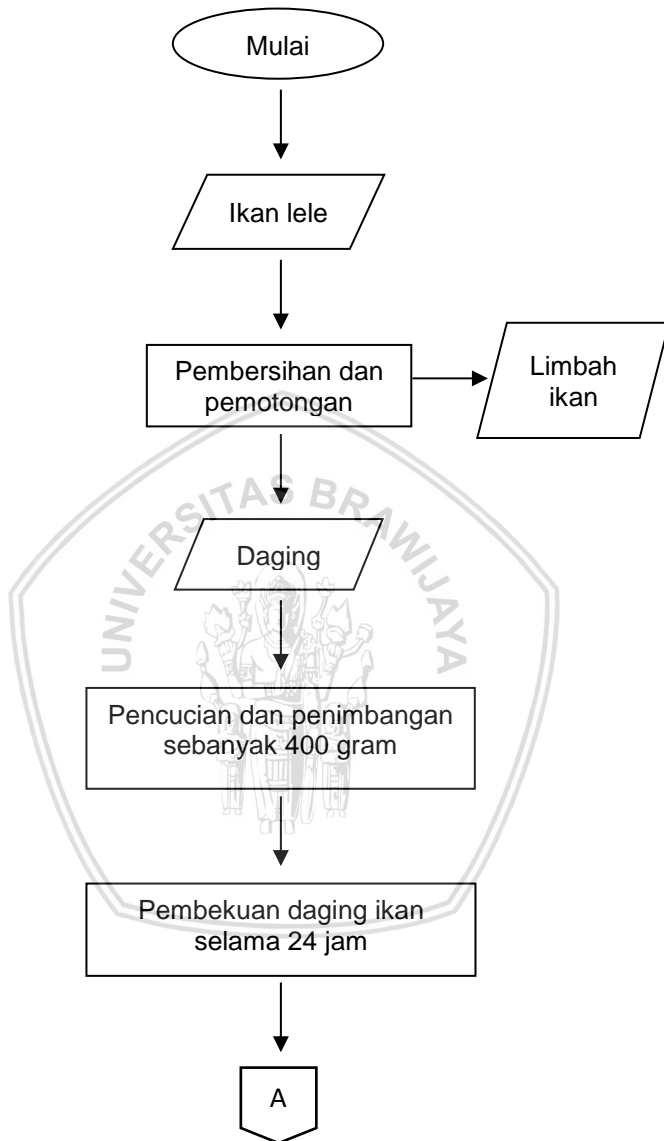
reaksi akibat terkena panas atau cahaya sebelum dilakukan pengujian.

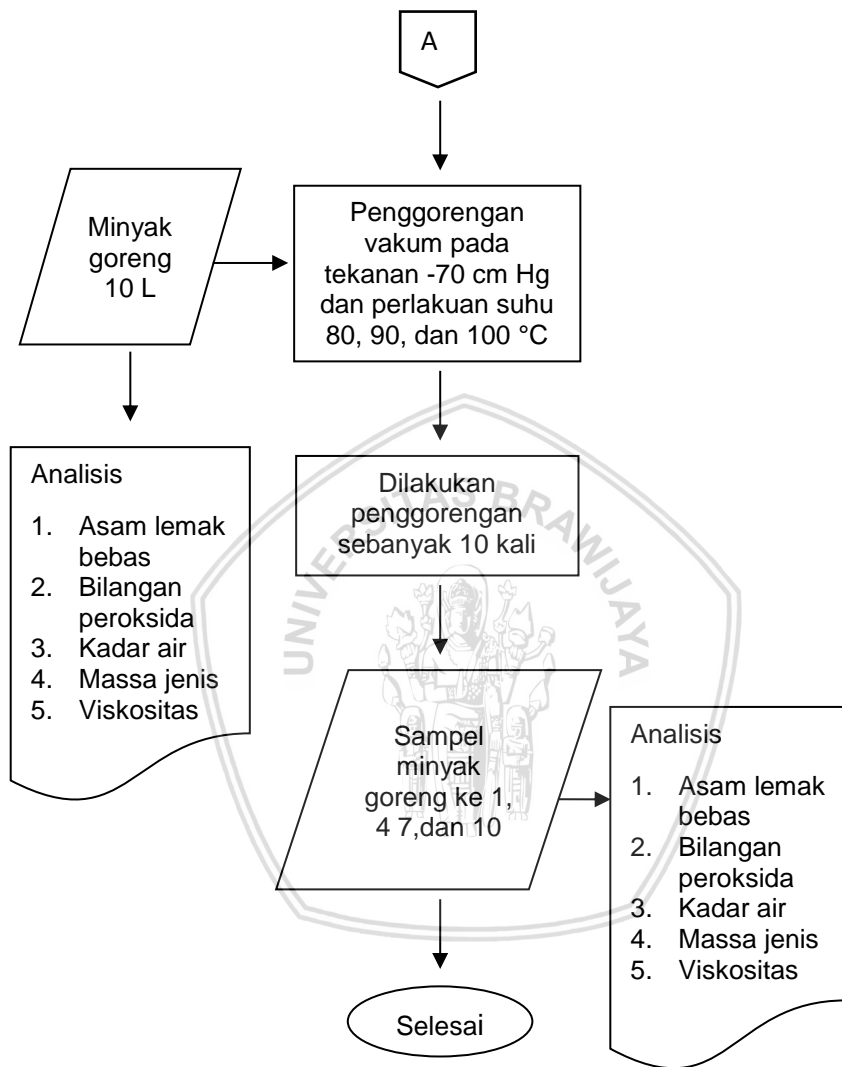
7. Pengujian sampel

Analisis kualitas minyak goreng dilakukan melalui pengujian sifat kimia yaitu kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida, serta sifat fisik berupa kadar air, massa jenis, dan viskositas. Pengambilan sampel dilakukan pada penggorengan ke 1, 4, 7, dan 10 disetiap variasi suhunya, sehingga diperoleh sampel sebanyak 24 sampel akhir dan 1 sampel kontrol (tanpa penggorengan).

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Pengamatan dan Analisis Data

3.5.1 Parameter pengamatan

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak goreng pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Asam lemak bebas (Standar AOAC 1990 dalam Aysiah, 2016)
 - Sampel minyak goreng ditimbang sebanyak 25 gram dan disiapkan bahan kimia berupa NaOH 0.1 N, Alkohol, dan Indikator Phenoftalein.
 - Disiapkan rangkaian buret untuk proses titrasi
 - Dimasukkan 25 gram sampel minyak kedalam Erlenmeyer
 - Ditambahkan 50 ml alkohol 96% netral kemudian dihomogenkan dan dipanaskan
 - Ditambahkan indikator pp 2 – 3 tetes
 - Dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah jambu yang tidak hilang selama 30 detik
 - Dicatat volume NaOH yang digunakan dan dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$\%FFA = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times BM \text{ Minyak}}{Massa \text{ minyak} \times 10} \times 100\%$$

Keterangan:

- %FFA : Kadar asam lemak bebas (%)
 V NaOH : Volume NaOH saat titrasi (ml)
 M NaOH : Konsentrasi NAOH (N)
 BM Minyak : Berat molekul asam lemak (256)

2. Bilangan peroksida (Standar AOAC 1990 dalam Aysiah, 2016)
 - Sampel minyak goreng ditimbang sebanyak 5 gram dan disiapkan bahan kimia yang diperlukan

- Ditambahkan 15 ml campuran larutan asam asetat glasial dan koroform (3:2)
- Ditambahkan 0,5 ml larutan Potassium Iodide (KI) jenuh dan dihomogenkan selama 1 menit
- Ditambahkan 30 ml aquades dan larutan indikator kanji (amilium) 1 % sebanyak 3 tetes
- Dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N sampai warna biru mulai hilang
- Dicatat volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N dan dihitung nilai bilangan peroksida dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Peroksida (mek O}_2\text{/kg)} = \frac{S \times M \times 1000}{\text{berat sampel (gr)}}$$

Keterangan:

S : Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ saat titrasi

M : Konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Berat sampel : Massa bahan yang digunakan

3. Kadar air

Kadar air sampel minyak diukur menggunakan metode langsung (*Moisture Analyzer*) di Laboratorium SainTek Lastrindo Engineering.

4. Massa jenis (Sudarmadji *dkk*, 1996)

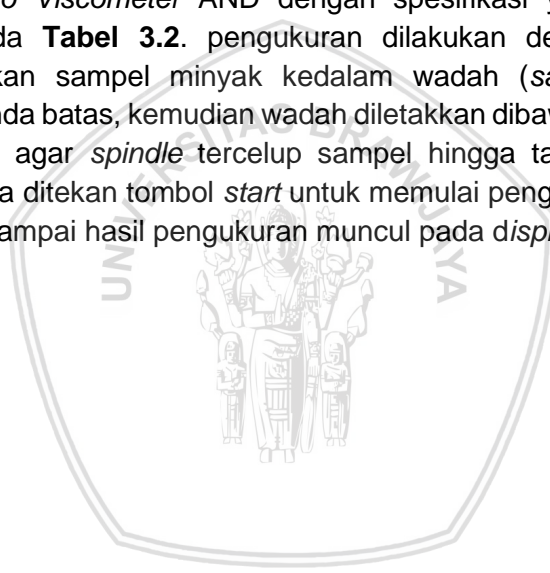
- Sampel minyak goreng dimasukkan kedalam piknometer yang telah diketahui bobotnya sampai tanda batas
- Ditimbang piknometer berisi sampel dengan timbangan analitik
- Dengan cara yang sama piknometer diisi dengan air dan ditimbang
- Kemudian dihitung massa sampel/air dengan cara mengurangi massa piknometer berisi sampel/air dengan massa piknometer kosong

- Dihitung massa jenis dengan persamaan:

$$\rho = \frac{\text{massa piknometer dan minyak} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{massa piknometer dan air} - \text{massa piknometer kosong}}$$

5. Viskositas

Pengukuran nilai viskositas minyak goreng dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya menggunakan *viscometer* digital tipe *Sine-wave Vibro Viscometer* AND dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada **Tabel 3.2.** pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan sampel minyak kedalam wadah (*sample cup*) sampai tanda batas, kemudian wadah diletakkan dibawah *spindle* dan diatur agar *spindle* tercelup sampel hingga tanda batas. Selanjutnya ditekan tombol *start* untuk memulai pengukuran dan ditunggu sampai hasil pengukuran muncul pada *display unit*.



Tabel 3.2 Spesifikasi Viskometer Digital

Spesifikasi	SV-10	SV-100
Metode pengukuran	<i>Sine-wave Vibro Viscometer</i> menggunakan metode <i>Tuning Fork Vibration</i>	
Frekuensi getaran	30 Hz	
Satuan pengukuran viskositas	mPa.s, Pa.s, cP, P	Pas, P
Rentang pengukuran viskositas	0,3 mPa.s – 10 Pa.s (0,3 mPa.s – 10.000 mPa.s)	1 – 100 Pa.s (1.000 – 100.000 mPa.s)
Ketelitian	1% dari pengulangan (S.D. , 20 – 30 °C , No Condensation)	
Suhu operasi	10 – 40 °C (50 – 104 °F)	
Jumlah sampel minimum	<i>Standard Sample Cup</i> (35 – 45 ml), <i>Optional Sample Cup</i> (10 ml), <i>Optional Glass Sample Cup</i> (13 ml)	
Suhu pengukuran	0 – 160 °C / 0,1 °C (32 – 320 °F / 0,1 °F)	
Display	<i>Vacuum Fluorescent Display</i> (VFD)	
Interface	RS-232C	
Power supply	AC Adaptor	
Power consumption	Approx. 12VA	
Dimensi fisik	<i>Main unit</i> : 332 (W) x 314 (D) x 536 (H) mm / Approx. 5,0 kg <i>Display unit</i> : 238 (W) x 132 (D) x 170 (H) mm / Approx. 13 kg	
Panjang kabel koneksi	1,5 m (diantara <i>Main Unit</i> dan <i>Display Unit</i>)	
Aksesoris standar	Manual, AC Adaptor, CD-ROM (WinCT-Viscosity), sample cups, kabel RS-232C (25 pins – 9 pins)	

3.5.2 Analisis Data

Data hasil pengujian sifat fisik dan kimia minyak goreng dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf nyata 5%. Apabila terjadi perbedaan nyata, maka dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf nyata 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan minyak goreng kelapa sawit untuk menggoreng ikan lele dengan mesin penggoreng vakum. Proses penggorengan dilakukan pada suhu yang berbeda yaitu 80, 90, dan 100 °C sebanyak 10 kali dengan 2 kali ulangan. Pada masing-masing penggorengan menggunakan perbandingan sebesar 1 : 25 yaitu dengan ikan lele *fillet* sebanyak 400 gram dan minyak goreng sebanyak 10 liter. Sampai dengan penggorengan ke 10 tidak dilakukan penambahan minyak goreng. Parameter yang digunakan untuk menganalisis kualitas minyak goreng pada penelitian ini adalah asam lemak bebas, bilangan peroksida, massa jenis, viskositas, dan kadar air.

4.1 Asam Lemak Bebas

Data hasil pengujian kadar asam lemak bebas dapat dilihat pada **Lampiran 1**, sedangkan data hasil rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.1**. Nilai kadar asam lemak bebas pada penelitian ini berada pada rentang 0,0425 – 0,1166 % atau masih memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu maksimal 0,3 %. Berdasarkan **Gambar 4.1** diketahui bahwa nilai kadar asam lemak bebas minyak goreng mengalami kenaikan pada masing-masing suhu penggorengan.

Berdasarkan hasil analisis *ANOVA Two-Factor with Replication* dengan *Microsoft Excel* pada **Lampiran 6**, diketahui bahwa pada perlakuan suhu menunjukkan nilai F hitung lebih kecil dari F Tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas. Selanjutnya perlakuan penggorengan atau penggunaan minyak goreng berulang menunjukkan nilai F Hitung yang lebih besar dari F Tabel ($P \leq 0,05$) atau memberikan pengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas. Kemudian dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata

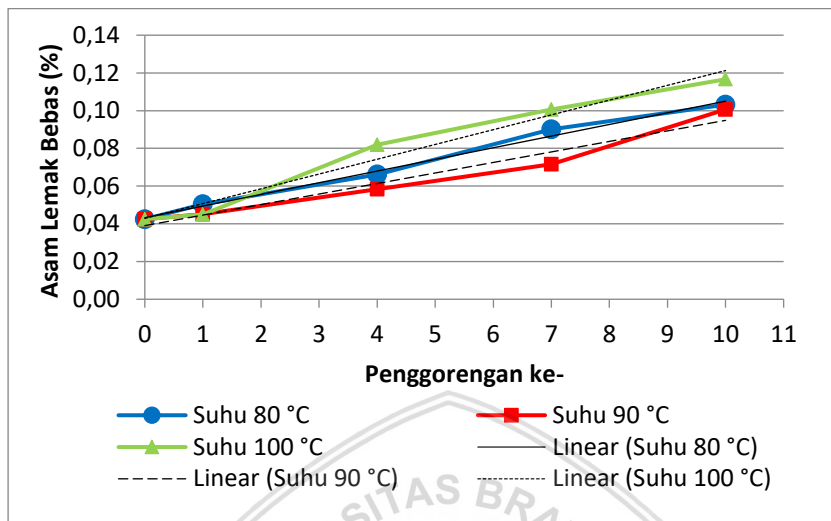
Terkecil) untuk mengetahui pada penggunaan minyak mana saja yang berbeda secara nyata terhadap kadar asam lemak bebas. Berdasarkan data uji lanjut BNT pada **Lampiran 6** diperoleh nilai BNT5% sebesar 0,0315. Nilai rata-rata asam lemak bebas dengan notasi huruf yang sama menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata, sedangkan nilai rata-rata dengan notasi huruf berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata. Nilai rata-rata awal kadar asam lemak bebas sebesar 0,0425 % mengalami kenaikan pada penggorengan pertama hingga penggorengan kesepuluh. Kenaikan kadar asam lemak bebas ini meningkat selama penggorengan berulang akibat adanya air dari bahan baku yang terus ditambahkan pada proses penggorengan dan dipercepat dengan adanya pemanasan. Berdasarkan penelitian Herlina *dkk* (2017), kadar air dari bahan baku yang terus ditambahkan pada proses penggorengan menjadi semakin banyak sehingga mempercepat proses hidrolisis yang menyebabkan meningkatnya kadar asam lemak bebas. Sedangkan pada interaksi suhu dan penggunaan minyak berulang menunjukkan nilai F hitung lebih kecil daripada F Tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas (%)

Penggorengan ke-	Asam Lemak Bebas (%)			Rata-rata	Notasi*
	Suhu 80 °C	Suhu 90 °C	Suhu 100 °C		
0	0,0425	0,0425	0,0425	0,0425	a
1	0,0503	0,0450	0,0450	0,0468	a
4	0,0661	0,0583	0,0820	0,0688	ab
7	0,0900	0,0715	0,1007	0,0874	bc
10	0,1032	0,1006	0,1166	0,1068	c
Rata-rata	0,0704	0,0636	0,0774		

*nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P \geq 0,05$)

Berdasarkan **Tabel 4.1** diketahui kadar asam lemak bebas pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan. Kadar asam lemak bebas pada penggorengan ke-0 atau perlakuan kontrol diketahui sebesar 0,0425 %. Pada suhu 80 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,0503 %, 0,0661 %, 0,0900 %, dan 0,1032 %. Selanjutnya pada suhu 90 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,0450 %, 0,0583 %, 0,0715 %, dan 0,1006 %. Sedangkan pada suhu 100 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,0450 %, 0,0820 %, 0,1007 %, dan 0,1166 %. Nilai rata-rata kadar asam lemak bebas selama penggorengan berulang pertama, keempat, ketujuh dan kesepuluh berturut-turut sebesar 0,0468 %, 0,0688 %, 0,0874 %, dan 0,1068 %. Sedangkan nilai rata-rata kadar asam lemak bebas pada variasi suhu 80, 90, dan 100 °C berturut-turut sebesar 0,0704 %, 0,0636 %, dan 0,0774 %. Grafik hubungan penggunaan minyak goreng dan kadar asam lemak bebas dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Berdasarkan **Gambar 4.1** diketahui bahwa pada masing-masing variasi suhu, asam lemak bebas mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan pada proses penggorengan berulang terjadi reaksi hidrolisis pada minyak yang dipercepat dengan adanya faktor-faktor seperti panas, air, keasaman, dan katalisator. Semakin lama reaksi tersebut berlangsung, maka semakin banyak kadar asam lemak bebas yang terbentuk (Irmawati, 2013). Kenaikan tertinggi asam lemak bebas terlihat pada suhu 100 °C, sesuai dengan pernyataan bahwa pembentukan asam lemak bebas dalam minyak goreng diakibatkan oleh proses hidrolisis yang terjadi selama proses penggorengan, hal ini disebabkan oleh pemanasan yang tinggi dan adanya kontak dengan uap air pada saat proses pemanasan (Sopianti *dkk*, 2017). Akan tetapi kenaikan asam lemak bebas pada suhu 90 °C lebih rendah dibandingkan dengan penggorengan suhu 80 °C, hal ini dikarenakan adanya pengaruh lama waktu penggorengan. Pada proses penggorengan dengan suhu 80 °C membutuhkan

waktu penggorengan yang lebih lama dibandingkan dengan suhu 90 °C. Seperti pada penelitian Mulyati *dkk* (2015), pemanasan minyak goreng selama 15 menit menghasilkan kadar asam lemak bebas lebih tinggi dibandingkan dengan pemanasan selama 5 menit. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang lama pada minyak goreng menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi sehingga kadar asam lemak bebas meningkat.

4.2 Bilangan Peroksida

Data hasil pengujian bilangan peroksida secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 2**, sedangkan data hasil rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.2**. Nilai bilangan peroksida pada penelitian ini berada pada rentang 0,2960 – 5,1055 mek O₂/kg, sehingga nilai bilangan peroksida minyak goreng pada penggorengan vakum ikan lele ini secara keseluruhan masih memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu maksimal 10 mek O₂/kg. Berdasarkan **Gambar 4.2** nilai bilangan peroksida mengalami kenaikan dan penurunan.

Berdasarkan hasil analisis *ANOVA Two-Factor with Replication* dengan *Microsoft Excel* pada **Lampiran 7**, diketahui bahwa pada perlakuan suhu menunjukkan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar bilangan peroksida. Selanjutnya pada perlakuan penggorengan atau frekuensi penggunaan minyak goreng berulang menunjukkan nilai F hitung lebih besar dari F tabel ($P \leq 0,05$) atau memberikan pengaruh nyata terhadap kadar bilangan peroksida. Kemudian dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui pada penggunaan minyak mana saja yang berbeda secara nyata terhadap kadar bilangan peroksida. Berdasarkan data uji lanjut BNT pada **Lampiran 7** diperoleh nilai BNT5% sebesar 2,7033, dimana nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan bahwa perlakuan

tidak berbeda nyata, sedangkan nilai rata-rata dengan notasi huruf berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata. Nilai rata-rata pada uji lanjut BNT menunjukkan bahwa kadar bilangan peroksida awal minyak goreng sebesar 0,0396 mek O_2 /kg mengalami peningkatan pada penggorengan pertama, kemudian menurun hingga penggorengan ketujuh dan meningkat kembali pada penggorengan kesepuluh. Peningkatan kadar bilangan peroksida yang tidak stabil selama proses penggorengan diduga akibat proses penggorengan berulang ini tidak dilakukan secara kontinyu yang menyebabkan minyak kontak dengan udara luar selama beberapa hari. Pada interaksi suhu dan penggunaan minyak menunjukkan signifikansi sebesar 0,991 ($\geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar bilangan peroksida.

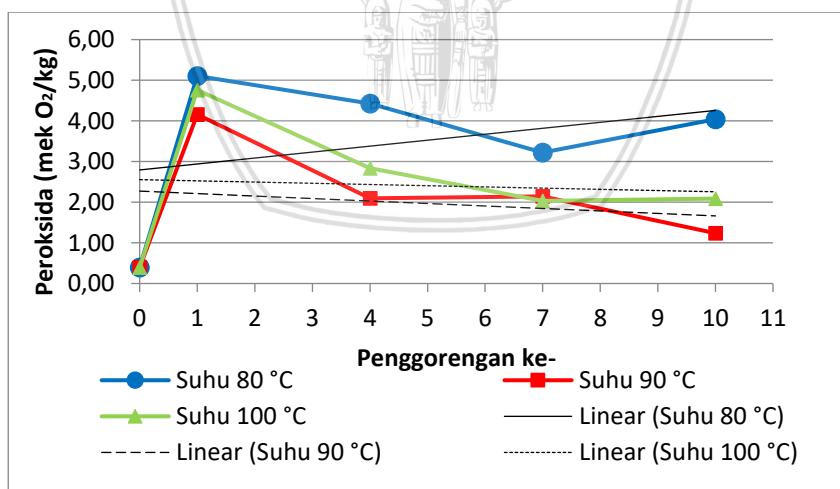
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Bilangan Peroksida (mek O_2 /kg)

Penggorengan ke-	Bilangan Peroksida (mek O_2 /kg)			Rata- rata	Notasi*
	Suhu 80 °C	Suhu 90 °C	Suhu 100 °C		
0	0,3960	0,3960	0,3960	0,3960	a
1	5,1055	4,1584	4,7594	4,6744	b
4	4,4257	2,0921	2,8379	3,1185	ab
7	3,2203	2,1399	2,0356	2,4653	ab
10	4,0408	1,2376	2,0895	2,4560	ab
Rata-rata	3,4376	2,0048	2,4236		

*nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P \geq 0,05$)

Berdasarkan **Tabel 4.2** diketahui nilai bilangan peroksida pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai bilangan peroksida pada penggorengan ke-0 atau sebelum dilakukan penggorengan diketahui sebesar 0,3960 mek O_2 /kg. Pada suhu 80 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar

5,1055 mek O_2 /kg, 4,4257 mek O_2 /kg, 3,2203 mek O_2 /kg, dan 4,0408 mek O_2 /kg. Selanjutnya pada suhu 90 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 4,1584 mek O_2 /kg, 2,0921 mek O_2 /kg, 2,1399 mek O_2 /kg, dan 1,2376 mek O_2 /kg. Sedangkan pada suhu 100 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 4,7594 mek O_2 /kg, 2,8379 mek O_2 /kg, 2,0356 mek O_2 /kg, dan 2,0895 mek O_2 /kg. Nilai rata-rata kadar bilangan peroksida selama penggorengan berulang pertama, keempat, ketujuh dan kesepuluh berturut-turut sebesar 4,6744 mek O_2 /kg, 3,1185 mek O_2 /kg, 2,4653 mek O_2 /kg, dan 2,4560 mek O_2 /kg. Sedangkan nilai rata-rata kadar bilangan peroksida pada variasi suhu 80, 90, dan 100 °C berturut-turut sebesar 3,4376 mek O_2 /kg, 2,0048 mek O_2 /kg, dan 2,4236 mek O_2 /kg. Grafik hubungan penggunaan minyak goreng dan kadar asam lemak bebas dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Bilangan Peroksida

Berdasarkan **Gambar 4.2** diketahui bahwa nilai peroksida masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan saat penggorengan pertama, kemudian mengalami penurunan dan kenaikan secara fluktuatif. Pada suhu 80 °C setelah penggorengan pertama mengalami penurunan hingga penggorengan ketujuh, kemudian meningkat kembali pada penggorengan kesepuluh. Pada suhu 90 °C mengalami penurunan saat penggorengan keempat, kemudian meningkat saat penggorengan ketujuh dan menurun kembali pada penggorengan kesepuluh. Sedangkan pada suhu 100 °C terlihat pola yang sama dengan suhu 80 °C yaitu nilai peroksida mengalami penurunan sampai penggorengan ketujuh, kemudian meningkat kembali saat penggorengan kesepuluh. Penurunan dan peningkatan bilangan peroksida ini dapat diduga akibat penggorengan pertama dilakukan di hari pertama, penggorengan keempat dan ketujuh dihari kedua, dan penggorengan kesepuluh dihari berikutnya. Sebelum dilakukan penggorengan dihari kedua dan ketiga, minyak goreng dibiarkan didalam mesin sehingga kontak dengan oksigen yang dapat mempercepat terbentuknya bilangan peroksida. Sedangkan pada proses pemanasan yang kontinyu dapat menurunkan bilangan peroksida karena peroksida bereaksi membentuk senyawa lain. Nilai peroksida yang semakin meningkat menunjukkan terjadinya peningkatan kandungan peroksida karena proses oksidasi. Pada saat menggoreng dengan suhu tinggi nilai peroksida akan menurun karena mengalami kerusakan, dan pada saat proses pendinginan peroksida akan terbentuk kembali (Ilmi *dkk*, 2015).

Menurut Mongi *dkk* (2016), peningkatan kandungan peroksida disebabkan karena proses oksidasi. Reaksi oksidasi terjadi akibat bahan yang mengandung lemak dibiarkan kontak dengan oksigen di udara. Sedangkan nilai bilangan peroksida yang cenderung menurun dan rendah dapat terjadi karena laju pembentukan peroksida baru lebih kecil dibandingkan dengan

laju degradasinya, mengingat kadar peroksida cepat terdegradasi dan bereaksi dengan zat lain (Aminah, 2010).

4.3 Massa Jenis

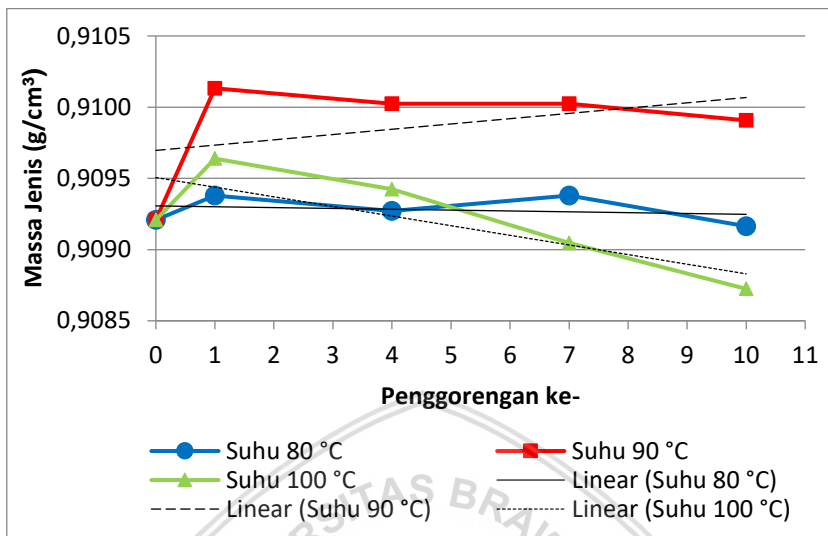
Data hasil pengukuran massa jenis minyak secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sedangkan rata-rata hasil pengukuran massa jenis dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan **Gambar 4.3**. Nilai massa jenis minyak goreng pada penelitian ini berada pada rentang $0,9087 - 0,9101 \text{ g/cm}^3$ yang termasuk dalam kategori baik, hal ini diperkuat oleh pernyataan warsito dkk (2013) yang menyatakan bahwa massa jenis minyak goreng yang baik adalah antara $0,86 - 0,91 \text{ g/cm}^3$.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA *Two-Factor with Replication* dengan *Microsoft Excel* pada **Lampiran 8** menunjukkan bahwa perlakuan variasi suhu terhadap nilai massa jenis minyak tidak memberikan pengaruh nyata dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$). Selanjutnya perlakuan penggunaan minyak berulang menunjukkan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata. Demikian pula interaksi suhu dan penggunaan minyak berulang tidak memberikan pengaruh nyata pada nilai massa jenis minyak dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$). Tidak adanya pengaruh nyata pada perlakuan variasi suhu dan penggunaan minyak berulang ini diduga karena proses penggorengan pertama hingga terakhir tidak dilakukan secara kontinyu melainkan sempat dihentikan untuk dilanjutkan dihari berikutnya. Pada saat proses penggorengan berhenti, minyak dibiarkan dingin sehingga membuat padatan-padatan dari bahan mengendap dan berpengaruh pada besarnya massa jenis minyak.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Massa Jenis (g/cm^3)

Penggorengan ke-	Massa Jenis (g/cm^3)			Rata- rata
	Suhu 80 °C	Suhu 90 °C	Suhu 100 °C	
0	0,9092	0,9092	0,9092	0,9092
1	0,9094	0,9101	0,9096	0,9097
4	0,9093	0,9100	0,9094	0,9096
7	0,9094	0,9100	0,9090	0,9095
10	0,9092	0,9099	0,9087	0,9093
Rata-rata	0,9093	0,9099	0,9092	

Berdasarkan **Tabel 4.3** diketahui nilai massa jenis pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan dan penurunan (fluktuatif). Nilai massa jenis pada penggorengan ke-0 atau perlakuan kontrol diketahui sebesar $0,9092 \text{ g/cm}^3$. Pada suhu 80°C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar $0,9094 \text{ g/cm}^3$, $0,9093 \text{ g/cm}^3$, $0,9094 \text{ g/cm}^3$, dan $0,9092 \text{ g/cm}^3$. Selanjutnya pada suhu 90°C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar $0,9101 \text{ g/cm}^3$, $0,9100 \text{ g/cm}^3$, $0,9100 \text{ g/cm}^3$, dan $0,9099 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan pada suhu 100°C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar $0,9096 \text{ g/cm}^3$, $0,9096 \text{ g/cm}^3$, $0,9090 \text{ g/cm}^3$, dan $0,9087 \text{ g/cm}^3$. Nilai rata-rata massa jenis minyak selama penggorengan berulang pertama, keempat, ketujuh dan kesepuluh berturut-turut sebesar $0,9097 \text{ g/cm}^3$, $0,9096 \text{ g/cm}^3$, $0,9095 \text{ g/cm}^3$, dan $0,9093 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan nilai rata-rata massa jenis pada variasi suhu 80 , 90 , dan 100°C berturut-turut sebesar $0,9093 \text{ g/cm}^3$, $0,9099 \text{ g/cm}^3$, dan $0,9092 \text{ g/cm}^3$. Grafik hubungan penggunaan minyak goreng berulang dengan massa jenis dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Massa Jenis

Berdasarkan **Gambar 4.3** diketahui bahwa nilai massa jenis minyak goreng pada penggorengan pertama mengalami kenaikan pada masing-masing variasi suhu. Hal ini sesuai dengan penelitian Herlina *dkk* (2017) pada penggorengan vakum keripik pisang secara berulang meningkatkan massa jenis minyak yang disebabkan oleh adanya partikel-partikel terlarut dari padatan atau bahan baku yang digoreng. Selanjutnya pada suhu 80 °C mengalami penurunan saat penggorengan keempat, kemudian meningkat pada penggorengan ketujuh dan menurun kembali saat penggorengan kesepuluh. Sedangkan pada suhu 90 °C dan 100 °C nilai massa jenis minyak goreng mengalami penurunan saat penggorengan keempat hingga kesepuluh. Penurunan nilai masa jenis ini disebabkan karena proses pemanasan yang membuat ikatan antar molekul pada minyak berkurang, sehingga kerapatan minyak juga berkurang (Warsito *dkk*, 2013).

4.4 Viskositas

Data hasil pengujian viskositas secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Sedangkan rata-rata hasil pengujian viskositas dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.4**. Nilai viskositas minyak goreng pada penelitian ini berada pada rentang 0,842 – 0,9005 Poise.

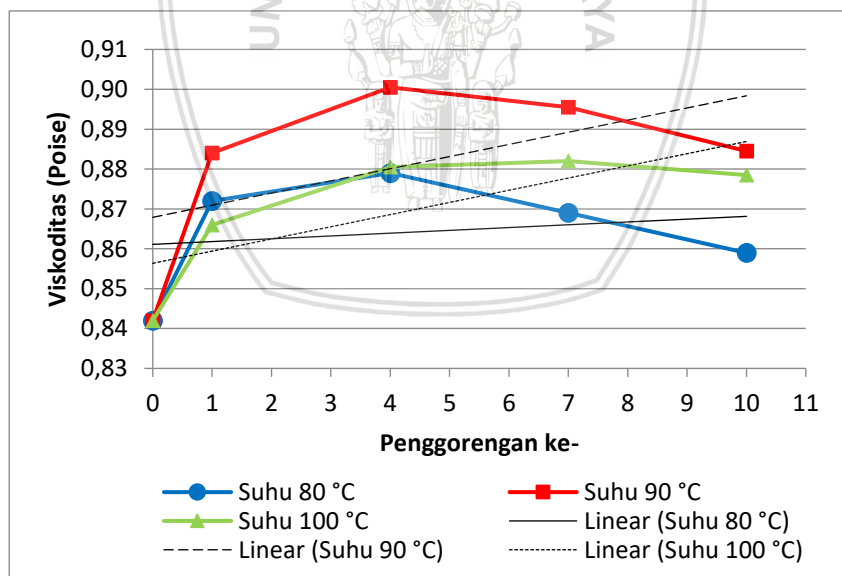
Berdasarkan hasil analisis *ANOVA Two-Factor with Replication* dengan *Microsoft Excel* pada **Lampiran 9** menunjukkan bahwa perlakuan variasi suhu terhadap nilai viskositas tidak memberikan pengaruh nyata dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$). Selanjutnya perlakuan penggunaan minyak berulang menunjukkan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh nyata. Demikian pula interaksi suhu dan penggunaan minyak berulang tidak memberikan pengaruh nyata pada nilai massa jenis minyak dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$).

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Viskositas (Poise)

Penggorengan ke-	Viskositas (Poise)			Rata-rata
	Suhu 80 °C	Suhu 90 °C	Suhu 100 °C	
0	0,8420	0,8420	0,8420	0,8420
1	0,8720	0,8840	0,8660	0,8740
4	0,8790	0,9005	0,8805	0,8867
7	0,8690	0,8955	0,8820	0,8822
10	0,8590	0,8845	0,8785	0,8740
Rata-rata	0,8642	0,8813	0,8698	

Berdasarkan **Tabel 4.4** diketahui nilai viskositas pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai viskositas minyak goreng pada penggorengan ke-0 atau perlakuan kontrol diketahui sebesar 0,8420 Poise. Pada suhu 80 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,8720

Poise, 0,8790 Poise, 0,8690 Poise, dan 0,8590 Poise. Selanjutnya pada suhu 90 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,8840 Poise, 0,9005 Poise, 0,8955 Poise, dan 0,8845 Poise. Sedangkan pada suhu 100 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,8660 Poise, 0,8805 Poise, 0,8820 Poise, dan 0,8785 Poise. Nilai rata-rata viskositas minyak goreng selama penggorengan berulang pertama, keempat, ketujuh dan kesepuluh berturut-turut sebesar 0,8740 Poise, 0,8867 Poise, 0,8822 Poise, dan 0,8740 Poise. Sedangkan nilai rata-rata viskositas pada variasi suhu 80, 90, dan 100 °C berturut-turut sebesar 0,8642 Poise, 0,8813 Poise, dan 0,8698 Poise. Grafik hubungan penggunaan minyak goreng dan viskositas dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Viskositas

Berdasarkan **Gambar 4.4** diketahui bahwa nilai viskositas minyak goreng pada suhu 80 °C dan 90 °C mengalami kenaikan sampai dengan penggorengan keempat, kemudian semakin menurun pada penggorengan ketujuh dan kesepuluh. Sedangkan pada suhu 100 °C, nilai viskositas minyak goreng meningkat sampai dengan penggorengan ketujuh dan mengalami penurunan pada penggorengan kesepuluh. Peningkatan nilai viskositas pada minyak goreng disebabkan adanya partikel-partikel terlarut dari bahan baku yang digoreng. Semakin banyak partikel yang digoreng, gesekan antar partikel semakin besar dan menyebabkan nilai viskositas meningkat (Herlina *dkk*, 2017). Selain itu, meningkatnya viskositas juga dapat dipengaruhi oleh terbentuknya senyawa polimer dalam minyak. Polimer merupakan senyawa yang terbentuk didalam minyak goreng akibat adanya pemanasan yang terus menerus dengan ataupun tanpa adanya oksigen (Budiyanto *dkk*, 2015).

4.5 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu penentu kerusakan minyak goreng, karena adanya air dapat menyebabkan reaksi hidrolisis pada minyak goreng sehingga kadar asam lemak bebas dalam minyak meningkat. Data hasil pengujian kadar air minyak goreng dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sedangkan rata-rata hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.5**. Nilai rata-rata kadar air minyak goreng pada penelitian berada pada rentang 0,070 – 0,255 %.

Berdasarkan hasil analisis *ANOVA Two-Factor with Replication* dengan *Microsoft Excel* pada **Lampiran 10** menunjukkan bahwa perlakuan variasi suhu terhadap nilai kadar air minyak tidak memberikan pengaruh nyata dengan nilai *F* hitung lebih kecil dari *F* tabel ($P \geq 0,05$). Selanjutnya perlakuan penggunaan minyak berulang menunjukkan nilai *F* hitung lebih kecil dari *F* tabel ($P \geq 0,05$) atau tidak memberikan pengaruh

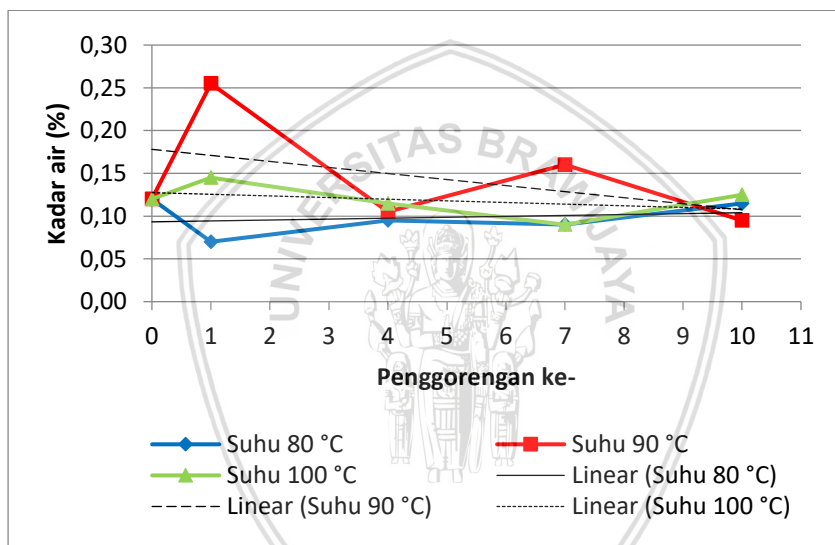
nyata. Demikian pula interaksi suhu dan penggunaan minyak berulang tidak memberikan pengaruh nyata pada nilai massa jenis minyak dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel ($P \geq 0,05$). Tidak adanya pengaruh nyata pada perlakuan variasi suhu dan penggunaan minyak berulang ini diduga karena proses penggorengan pertama hingga terakhir tidak dilakukan secara kontinyu melainkan sempat dihentikan untuk dilanjutkan dihari berikutnya. Pada saat proses penggorengan berhenti, minyak dibiarkan didalam mesin sehingga minyak goreng mengalami kontak dengan udara luar yang mempengaruhi kadar air pada minyak goreng. Selain itu laju penguapan air pada masing-masing penggorengan yang berbeda juga dapat mempengaruhi nilai kadar air.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Kadar Air (%)

Penggorengan ke-	Kadar air (%)			Rata-rata
	Suhu 80 °C	Suhu 90 °C	Suhu 100 °C	
0	0,120	0,120	0,120	0,120
1	0,070	0,255	0,145	0,157
4	0,095	0,105	0,115	0,105
7	0,090	0,160	0,090	0,113
10	0,115	0,095	0,125	0,112
Rata-rata	0,098	0,147	0,119	

Berdasarkan **Tabel 4.5** diketahui nilai kadar air pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan dan penurunan (fluktuatif). Nilai kadar air minyak goreng pada penggorengan ke-0 atau sebelum dilakukan penggorengan diketahui sebesar 0,120 %. Pada suhu 80 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,070 %, 0,095 %, 0,090 %, dan 0,115 %. Selanjutnya pada suhu 90 °C selama penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,255 %, 0,105 %, 0,160 % dan 0,095 %. Sedangkan pada suhu 100 °C selama

penggorengan pertama, keempat, ketujuh, dan kesepuluh secara berturut-turut sebesar 0,145 %, 0,115 %, 0,090 %, dan 0,125 %. Nilai rata-rata kadar air selama penggorengan berulang pertama, keempat, ketujuh dan kesepuluh berturut-turut sebesar 0,157 %, 0,105 %, 0,113 %, dan 0,112 %. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada variasi suhu 80, 90, dan 100 °C berturut-turut sebesar 0,098 %, 0,147 %, dan 0,119 %. Grafik hubungan penggunaan minyak goreng dan kadar air dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Hubungan Frekuensi Penggunaan Minyak Goreng Terhadap Kadar Air

Berdasarkan **Gambar 4.5** diketahui bahwa nilai kadar air minyak goreng pada masing-masing variasi suhu mengalami kenaikan dan penurunan secara fluktuatif. nilai kadar air minyak selama proses penggorengan tidak stabil diduga karena proses penggorengan pertama hingga terakhir tidak dilakukan secara kontinyu melainkan sempat dihentikan untuk dilanjutkan dihari berikutnya. Pada saat proses penggorengan berhenti, minyak

dibiarkan didalam mesin yang memungkinkan terjadinya perubahan kandungan air didalam minyak. Selain itu perubahan kadar air didalam minyak dapat disebabkan oleh adanya transfer air dari bahan yang digoreng kedalam minyak goreng yang menyebabkan kadar air meningkat, dan kemudian dapat menurun akibat adanya penguapan selama proses penggorengan. Menurut Karouw dan Chandra (2015), apabila laju transfer air dari bahan yang digoreng ke dalam minyak lebih tinggi dibanding laju penguapan air pada minyak, maka akan menyebabkan peningkatan kadar air minyak, begitupun sebaliknya.

4.6 Pendugaan Masa Pakai Minyak Goreng

Pendugaan masa pakai minyak goreng digunakan untuk mengetahui batas maksimal penggunaan minyak goreng berdasarkan parameter yang telah diamati sebelumnya. Parameter yang akan digunakan dalam penentuan masa pakai minyak goreng ini adalah asam lemak bebas dan bilangan peroksida. Hal ini dikarenakan keduanya memiliki pengaruh nyata terhadap penggunaan minyak berulang dan telah ditetapkan nilai maksimumnya didalam Standar Nasional Indonesia. Proses pendugaan umur pakai minyak goreng dilakukan melalui pendekatan persamaan reaksi orde nol dan orde satu, serta persamaan Arrhenius.

4.6.1 Persamaan Reaksi Pembentukan Asam Lemak Bebas

Pemilihan orde reaksi pada asam lemak bebas ditentukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi R^2 pada persamaan regresi masing-masing perlakuan suhu. Orde reaksi dengan nilai R^2 paling tinggi merupakan orde yang digunakan pada tahap selanjutnya (Aysiah, 2016). Grafik persamaan regresi asam lemak bebas dapat dilihat pada **Lampiran 11** dan

Lampiran 13, sedangkan hasil persamaan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Persamaan Regresi Asam Lemak Bebas Orde Nol Dan Orde Satu

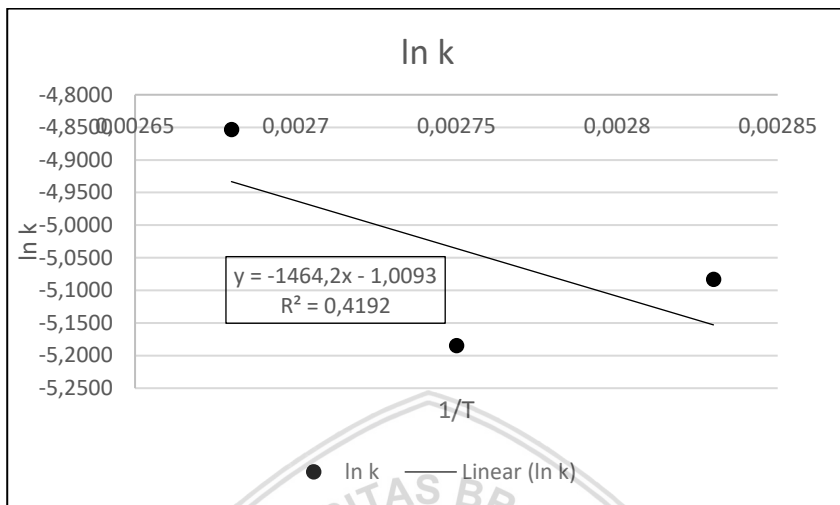
Suhu (°C)	Persamaan reaksi		R ²	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
80	$y = 0,0062x + 0,0432$	$y = 0,0892x - 3,1010$	0,9717	0,9767
90	$y = 0,0056x + 0,0390$	$y = 0,0846x - 3,1796$	0,9564	0,9911
100	$y = 0,0078x + 0,0429$	$y = 0,1075x - 3,1139$	0,9923	0,9293

Berdasarkan **Tabel 4.6** diketahui bahwa nilai determinasi R² tertinggi pada orde nol suhu 100°C, sehingga penentuan masa pakai berdasarkan asam lemak bebas mengikuti persamaan reaksi orde nol. Dari persamaan regresi orde nol diketahui nilai kemiringan garis (slope) sebagai konstanta laju reaksi (k) yang kemudian diubah kedalam bentuk ln k. Selanjutnya suhu perlakuan dikonversi kedalam satuan kelvin (K) dan diubah dalam bentuk 1/T seperti pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7. Nilai ln k dan 1/T pada Asam Lemak Bebas

Suhu (°C)	Suhu (K)	1/T	k	ln k
80	353	0,00283	0,0062	-5,08321
90	363	0,00275	0,0056	-5,18499
100	373	0,00268	0,0078	-4,85363

Nilai ln k dan 1/T ini digunakan untuk menentukan energi aktivasi. Energi aktivasi merupakan energi minimum yang harus dimiliki suatu reaktan untuk dapat bereaksi. Nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan membuat grafik hubungan ln k terhadap 1/T seperti pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Grafik Plot $\ln k$ dengan $1/T$ Asam Lemak Bebas

Berdasarkan **Gambar 4.6** diperoleh persamaan yaitu $y = -1464,2x - 1,0093$ dan nilai $R^2 = 0,4192$. Selanjutnya persamaan tersebut digunakan untuk menghitung nilai energi aktivasi seperti pada **Lampiran 16**. berdasarkan perhitungan, nilai energi aktivasi asam lemak bebas adalah sebesar 2907,90 kal/mol. Hasil perhitungan energi aktivasi asam lemak bebas dibandingkan dengan bilangan peroksida untuk mengetahui parameter yang akan digunakan dalam pendugaan masa pakai minyak goreng.

4.6.2 Persamaan Reaksi Pembentukan Bilangan Peroksida

Pemilihan orde reaksi pada bilangan peroksida sama dengan asam lemak bebas yaitu ditentukan dengan membandingkan nilai koefisien determinasi R^2 pada persamaan regresi masing-masing perlakuan suhu. Orde reaksi dengan nilai R^2 paling tinggi merupakan orde yang digunakan pada tahap selanjutnya. Grafik persamaan regresi bilangan peroksida dapat dilihat pada **Lampiran 12** dan **Lampiran 14**. Sedangkan hasil persamaan regresi dan nilai R^2 dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Persamaan Regresi Bilangan Peroksida Orde Nol dan Orde Satu

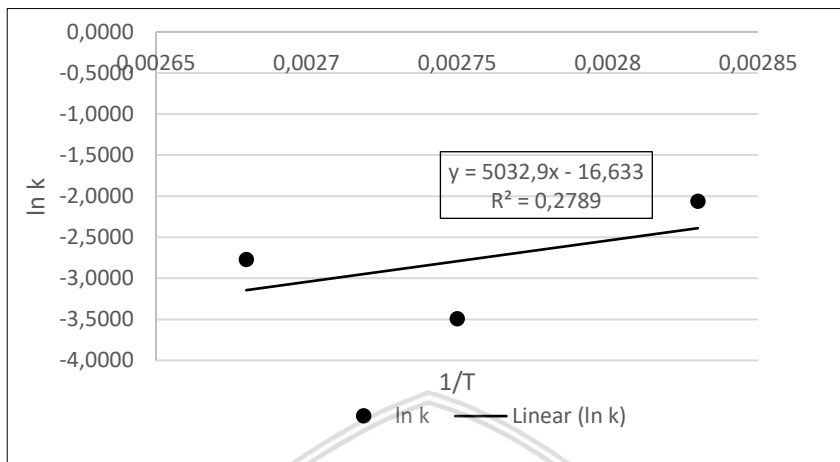
Suhu (°C)	Persamaan reaksi		R ²	
	Orde nol	Orde satu	Orde nol	Orde satu
80	$y = 0,1464x + 2,7936$	$y = 0,1271x + 0,3920$	0,1105	0,2475
90	$y = -0,061x + 2,2733$	$y = 0,0304x + 0,3082$	0,0329	0,0208
100	$y = -0,0299x + 2,555$	$y = 0,0626x + 0,3497$	0,0062	0,0779

Berdasarkan **Tabel 4.8** diketahui bahwa nilai determinasi R² tertinggi pada orde satu suhu 100°C, sehingga pemilihan orde reaksi bilangan peroksida mengikuti persamaan reaksi orde satu. Dari persamaan regresi orde satu diketahui nilai kemiringan garis (slope) sebagai konstanta laju reaksi (k) yang kemudian diubah kedalam bentuk ln k. Selanjutnya suhu perlakuan dikonversi kedalam satuan kelvin (K) dan diubah dalam bentuk 1/T seperti pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9. Nilai ln k dan 1/T pada Bilangan Peroksida

Suhu (°C)	Suhu (K)	1/T	K	ln k
80	353	0,00283	0,1271	-2,0628
90	363	0,00275	0,0304	-3,4933
100	373	0,00268	0,0626	-2,7710

Nilai ln k dan 1/T ini digunakan untuk menentukan energi aktivasi. Energi aktivasi merupakan energi minimum yang harus dimiliki suatu reaktan untuk dapat bereaksi. Nilai energi aktivasi dapat ditentukan dengan membuat grafik hubungan ln k terhadap 1/T seperti pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Grafik Plot $\ln k$ dengan $1/T$ Bilangan Peroksida

Berdasarkan **Gambar 4.7** diperoleh persamaan yaitu $y = 5032,9x - 16,633$ dan nilai $R^2 = 0,2789$. Selanjutnya persamaan tersebut digunakan untuk menghitung nilai energi aktivasi seperti pada **Lampiran 15**. berdasarkan perhitungan, nilai energi aktivasi bilangan peroksida adalah sebesar $-9995,34$ kal/mol. Hasil perhitungan energi aktivasi bolangan peroksida dibandingkan dengan asam lemak bebas untuk mengetahui parameter yang akan digunakan dalam pendugaan masa pakai minyak goreng.

4.6.3 Perhitungan masa pakai minyak goreng

Berdasarkan perhitungan pada **Lampiran 15** diperoleh nilai energi aktivasi asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Persamaan Reaksi dan Energi Aktivasi Pada Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida

Parameter	Persamaan Reaksi	Energi Aktivasi
Asam Lemak Bebas	$y = -1464,2x - 1,0093$	2907,90
Bilangan Peroksida	$y = 5032,9x - 16,633$	-9995,34

Keterangan: tanda minus (-) pada energi aktivasi menunjukkan laju reaksi menurun

Berdasarkan **Tabel 4.10** diketahui bahwa energi aktivasi pada asam lemak bebas lebih rendah dibandingkan pada bilangan peroksida. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi pembentukan asam lemak bebas berjalan cepat, sehingga proses kerusakan minyak goreng juga semakin cepat. Oleh karena itu parameter asam lemak bebas dipilih untuk menentukan masa pakai minyak goreng berdasarkan konstanta (k) laju reaksi pada masing-masing variasi suhu. Perhitungan nilai k dan masa pakai minyak dapat dilihat pada **Lampiran 15**, sedangkan hasil perhitungan masa pakai penggunaan minyak goreng dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Masa Pakai Minyak Goreng

Suhu (°C)	T	Masa pakai ($\approx t$)
80	44,72085	45 Kali
90	39,89190	40 Kali
100	35,80307	36 Kali

Berdasarkan data pada **Tabel 4.11** diketahui masa pakai minyak goreng pada perlakuan suhu penggorengan 80 °C sebanyak 45 kali, pada suhu 90 °C sebanyak 40 kali, dan pada suhu 100 °C sebanyak 36 kali. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses penggorengan vakum ikan lele, maka masa pakai minyak goreng semakin pendek.

4.7 Hubungan Suhu dan Lama Proses Penggorengan

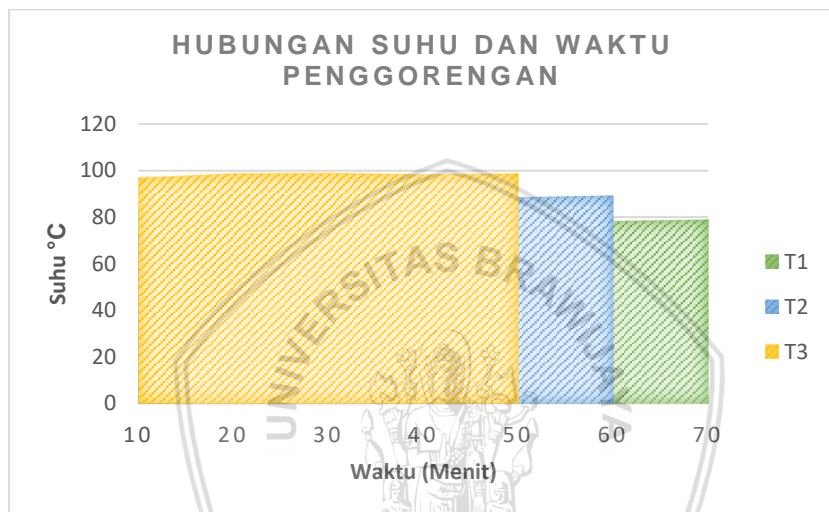
Selain parameter fisik dan kimia, penelitian ini juga mengamati suhu aktual selama proses penggorengan. Hal ini dikarenakan suhu aktual penggorengan yang ditampilkan pada sensor mengalami kenaikan dan penurunan, pengamatan suhu penggorengan dilakukan setiap 10 menit hingga penggorengan selesai. Lama waktu penggorengan masing-masing perlakuan suhu mengacu pada kondisi minyak goreng saat pemanasan yaitu apabila minyak goreng sudah tenang dan sedikit gelembung, maka proses penggorengan dapat dihentikan. Data pengamatan suhu aktual proses penggorengan secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 17** dan **Tabel 4.12**. Sedangkan grafik hubungan suhu dengan lama proses penggorengan dapat dilihat pada **Grafik 4.8**.

Tabel 4.12 Data Rata-rata Suhu Aktual Penggorengan

Waktu (Menit)	Suhu (°C)		
	T1	T2	T3
10	74,15	82,20	96,80
20	77,75	87,30	98,65
30	77,30	88,45	98,85
40	77,45	88,75	98,20
50	77,55	88,60	98,60
60	78,20	89,25	
70	78,85		
Rata-rata	77,32	87,43	98,22

Berdasarkan **Tabel 4.12** diketahui pada perlakuan T1 (80 °C) membutuhkan waktu penggorengan selama 70 menit dengan nilai rata-rata suhu aktual terendah yaitu sebesar 74,15 °C pada menit ke-10 dan suhu aktual tertinggi sebesar 78,85 °C pada menit ke-70. Selanjutnya pada perlakuan T2 (80 °C) membutuhkan waktu penggorengan selama 60 menit dengan nilai rata-rata suhu aktual terendah yaitu sebesar 82 °C pada menit ke-10 dan suhu aktual tertinggi sebesar 89,25 °C pada

menit ke-60. Sedangkan pada perlakuan T3 (100 °C) membutuhkan waktu penggorengan selama 50 menit dengan nilai rata-rata suhu aktual terendah yaitu sebesar 96,80 °C pada menit ke-10 dan suhu aktual tertinggi sebesar 78,85 °C pada menit ke-50.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Suhu dengan Waktu Penggorengan

Sedangkan berdasarkan **Gambar 4.8** diketahui luasan area grafik lama proses pada masing-masing perlakuan suhu. Selanjutnya dari grafik tersebut dilakukan perhitungan luasan area untuk mengetahui nilai energi yang terpakai pada masing-masing perlakuan suhu. Berdasarkan perhitungan pada **Lampiran 18** diperoleh nilai luasan area suhu dan lama proses penggorengan pada perlakuan T1 (80 °C) yaitu 5412,5 menit °C, pada perlakuan T2 (90 °C) yaitu 5245,5 Menit °C dan pada perlakuan T3 (100 °C) yaitu 4911 Menit °C. Luasan area tersebut dihitung sebagai nilai energi yang digunakan selama proses penggorengan vakum ikan lele, sehingga diketahui bahwa suhu penggorengan 80 °C membutuhkan energi lebih besar

dibandingkan pada penggorengan suhu 90 °C dan 100 °C. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu penggorengan yang digunakan, maka konsumsi energi pada proses penggorengan menjadi semakin kecil, demikian pula sebaliknya.





V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan suhu tidak berpengaruh nyata ($P \geq 0,05$) terhadap sifat fisik dan kimia minyak goreng. Sedangkan perlakuan penggunaan minyak berulang berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap sifat kimia minyak goreng, dan tidak memberikan pengaruh nyata ($P \geq 0,05$) pada sifat fisik minyak goreng. Hasil analisis asam lemak bebas dan bilangan peroksida masih sesuai dengan standar Nasional Indonesia dengan nilai asam lemak bebas berada pada rentang 0,0425 – 0,1166 % dan bilangan peroksida berada pada rentang 0,3960 – 5,1055 mek O_2/kg . Sedangkan kadar air minyak berada pada rentang 0,070 – 0,255 % yang sebagian besar berada diatas Standar Nasional Indonesia. Nilai massa jenis berada pada rentang 0,9090 – 0,9101 g/cm^3 dan nilai viskositas berada pada rentang 0,8420 – 0,9005 Poise. Nilai tersebut merupakan hasil pengujian minyak goreng pada perlakuan kontrol (sebelum pemanasan) sampai dengan penggorengan ke-10.

Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa semakin tinggi suhu penggorengan vakum ikan lele, maka masa pakai minyak goreng semakin pendek dan konsumsi energi semakin kecil. Pada perhitungan yang mengacu parameter kandungan asam lemak bebas diperoleh masa pakai minyak goreng pada suhu 80 °C sebanyak 45 kali, pada suhu 90 °C sebanyak 40 kali, dan pada suhu 100 °C sebanyak 36 kali. Perhitungan masa pakai minyak ini dihitung berdasarkan perbandingan ikan lele dan minyak sebesar 1 : 25.

5.2 Saran

Sebaiknya proses penggorengan pada masing-masing variasi perlakuan dilakukan penjadwalan yang sama untuk meminimalisir adanya pengaruh yang berbeda terhadap hasil analisis. Selain itu sebaiknya dilakukan pengujian sampel sesegera mungkin untuk mendapatkan hasil yang akurat. Perhitungan kadar air awal bahan pada masing-masing penggorengan juga perlu diukur untuk mengetahui faktor lain yang mempengaruhi kualitas fisik dan kimia minyak goreng.



DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, Siti. 2010. **Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe pada Pengulangan Penggorengan.** Jurnal Pangan dan Gizi 1 (1): 7 – 14
- Anggraini, Arum. 2007. **Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Antioksidan Terhadap Ketahanan Oksidasi Biodiesel Dari Jarak Pagar (*Jatropha curcas*, L.).** Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Astuti, Widi, Agus Junaedi, Eni Suryani, dan Rachman Ismail. 2006. **Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit (CPO) Menggunakan Zeolit Alam Lampung.** Prosiding Seminar Nasional 2006 Iptek Solusi Kemandirian Bangsa, Lipi, Hal. 1 – 9
- Aysiah, D. K. 2016. **Pengaruh Suhu dan Jumlah Penggunaan Minyak terhadap Laju Kerusakan Minyak goreng pada Pembuatan Keripik Apel Manalagi menggunakan *Vacuum Frying*.** Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Ayustaningwarno, F., Garnis R., Iqlima S., Neni A., Fredian S., Chomsatun U., Marta Sri W. R. 2014. **Aplikasi Pengolahan Pangan.** Deepublish. Yogyakarta
- Budiyanto, Devi Silsia dan Lukas Morasi L.T. 2015. **Analisis Kualitas Minyak Goreng pada Penggorengan Berulang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Berdasarkan Parameter Asam LemakBebas, Titik Asap, Indeks Bias, dan Viskositas.** Jurnal Agroindustri 5 (1): 36 – 43
- Chairunisa. 2013. **Uji Kualitas Minyak Goreng pada Pedagang Gorengan di Sekitar Kampus UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.** Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.

- Djarjah, A. S. 2004. **Sale Ikan Lele**. Kanisius. Yogyakarta
- Fatimah, E. N., dan Mada S. 2015. **Kiat Sukses Budi Daya Ikan Lele dari Pembenihan, Panen Raya, hingga Pasca Panen**. Bibit Publisher. Jakarta
- Hendriana, A. 2010. **Pembesaran Lele di Kolam Terpal**. Penebar Swadaya. Jakarta
- Herlina, H., Ely A., Wiwik S. W., dan Nurhayati. 2017. **Tingkat Kerusakan Minyak Kelapa Selama Penggorengan Vakum pada Pembuatan Ripe Banana Chips (RBC)**. Jurnal Agroteknologi 11 (2): 186 – 193
- Ilmi, I. M. B., Ali K., dan Sri A. M. 2015. **Kualitas Minyak Goreng dan Produk Gorengan Selama Penggorengan di Rumah Tangga Indonesia**. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 4 (2). 61 – 65
- Irmawati, Elis. 2013. **Analisis Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) pada Minyak yang Digunakan oleh Pedagang Gorengan Diseoutaran Jalan Manek Roo Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat**. Skripsi. Universitas Teuku Umar. Aceh Barat.
- Iswanto, B., Rommy S., Huria M., dan Imron. 2016. **Performa Reproduksi Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*)**. Jurnal media akuakultur 11 (1) : 1 – 9
- Kamsiati, E. 2010. **Peluang Pengembangan Teknologi Pengolahan Keripik Buah dengan Menggunakan Penggoreng Vakum**. Jurnal Litbang Pertanian 29 (2): 73 – 77
- Karouw, Steive dan Chandra Indrawanto. 2015. **Perubahan Mutu Minyak Kelapa dan Minyak Sawit Selama Penggorengan**. Jurnal B. Palma 16 (1): 1 – 7

- Khaira, Kuntum. 2010 **Menangkal Radikal Bebas dengan Anti-oksidan.** Jurnal Sainstek 2 (2): 183 – 187
- Khatir, R., Ratna, dan Mega A. P. 2015. **Pendugaan Umur Simpan Jagung Manis Berdasarkan Kandungan Total Padatan Terlarut Dengan Model Arrhenius.** Jurnal Agritech 35 (2): 200 – 204
- Kurniati, Yeni dan Wahono Hadi Susanto. 2015. **Pengaruh Basa NaOH dan Kandungan ALB CPO terhadap Kualitas Minyak Kelapa Sawit Pasca Netralisasi.** Jurnal Pangan Dan Agroindustri 3 (1):193-202
- Lastriyanto, A., S. Soeparman, R. Soenoko, dan H. S. Sumardi. 2013. **Analysis Frying Constant of Pineapples Vacuum Frying.** World Applied Sciences Journal 23 (11): 146 – 147
- Lindani, A. 2016. **Perbandingan Pengukuran Kadar Air Metode Moisture Analyzer dengan Metode Oven pada Biskuit Sandwich Cookies Di PT Mondelez Indonesia Manufacturing.** Skripsi. IPB. Bogor.
- Mahyuddin, K. 2008. **Panduan Lengkap Agribisnis Lele.** Penebar Swadaya. Jakarta
- Mongi, J. J., Christine F. M., dan Netty S. 2016. **Kajian Tingkat Kerusakan Minyak Kelapa Tradisional yang Digunakan Berulang terhadap Sifat Organoleptik Keripik Pisang Goroho (Musa acuminate, Sp.).** Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan 4 (2): 37 – 45
- Mulyati, T. A., Ferry E. P., dan Prima A. L. 2015. **Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Kualitas Minyak Goreng Kemasan Kelapa Sawit.** Jurnal Wiyata 2 (2). 162 -168
- Noriko, N., Dewi E., Analekta T. P., Ninditasya W., Widhi W. 2012. **Analisis Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng**

pada Penjaja Makanan di Food Court UAI. Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi 1 (3). 147 – 154

Nurhasnawati, H., Risa S., dan Nana C. 2015. **Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida pada Minyak Goreng yang digunakan Pedagang Di Jl. A. W Sjahranie Samarinda.**Jurnal Ilmiah Manuntung 1 (1): 25 – 30

Oceanic, I. A. M., Ida Bagus P. G., dan I Wayan W. 2017. **Pendugaan Waktu Kadaluwarsa Pendistribusian Manisan Salak Menggunakan Metode Q10.** Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian 5 (1): 1 – 11

Rosalina, D. Risantiana. 2017. **Pengukuran Viskositas Minyak Goreng pada Berbagai Variasi Suhu dengan Menggunakan Sensor Fiber Optik.** Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.

Sartika, R. A. D. 2009. **Pengaruh Suhu dan Lama Proses Menggoreng (Deep Frying) terhadap Pembentukan Asam Lemak Bebas.** Jurnal MAKARA, SAINS 13 (1): 23 – 28

Shofiyatun, N. F. 2012. **Optimasi Proses Penggorengan Vakum (Vacuum Frying) Keripik Daging Sapi.** Skripsi. IPB. Bogor

Siregar, Henni C. 2008. **Penetapan Kadar Air dalam Crude Palm Oil (CPO) secara Gravimetris.** Tugas Akhir. Universitas Sumatera Selatan.

Siswanto, W., dan Surahma A. M. 2015. **Pengaruh Frekuensi Penggorengan Terhadap Peningkatan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Fortifikasi Vitamin A.** Jurnal Kesmas 9 (1): 1 – 10

- Sopianti, Densi S., Herlina, dan Hadi Tri S. 2017. **Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng.** Jurnal Katalisator 2 (2): 100 -105
- Standar Nasional Indonesia. 2012. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sulistiyowati, R. dan Sulma Al Aajilaini. 2017. **Pengaruh Penambahan Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) Terhadap Penurunan Bilangan Peroksida Dalam Minyak Jelantah.** Jurnal Kesehatan Pena Medika 7 (1) : 92 – 105
- Sunaryo. 2014. **Rancang Bangun Mesin Penggorengan Vakum dan Pelatihan Diversifikasi Olahan Salak Pondoh Di Desa Pekandangan Kabupaten Banjarnegara.** Jurnal PPKM III : 190 – 196
- Supardan, M. D. dan Satriana. 2007. **Prediction of Water Loss during Potato Vacuum Frying Process.** Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan 6 (2): 82 – 86
- Suroso, A. S. 2013. **Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam, dan Kadar Air.**Jurnal Kefarmasian Indonesia 3 (2): 77 – 88
- Suryadi, Ainun R, dan Lukman A. H. 2016. **Uji Suhu Penggorengan Keripik Salak pada Alat Penggorengan Vakum (Vacuum Frying) Tipe Vacuum Pump.** Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian 4 (1): 116 – 121
- Ubadillah, A. dan Wikanastri H. 2010. **Kadar Protein dan Sifat Organoleptik Nugget Rajungan dengan Substitusi Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*).** Jurnal Pangan dan Gizi 1 (2): 45 – 54
- Warsito, Gurum A. P., dan Miftahul J. 2013. **Analisis Pengaruh Massa Jenis terhadap Kualitas Minyak Goreng Kelapa**

Sawit menggunakan Alat Ukur Massa Jenis dan Akuisisinya Pada Komputer. Prosiding semirata FMIPA, Universitas Lampung, hal. 35 – 41

Widya, D. E. 2012. **Pengaruh Waktu dan Suhu pada Pembuatan Keripik Nanas dengan Vacuum Frying.** Tugas Akhir. Universitas diponegoro. Semarang.

Yuniarto, K., Joko S., Sri M., dan Ahmad A. 2010. **Penentuan Laju Kerusakan Minyak dan Bawang Putih Kering Dalam Operasi Penggorengan Hampa (Tinjauan Aspek Teknis).** Jurnal teknologi pertanian 11 (2): 101 – 108

Yusibani, E., Nursabila A. H., dan Evi Y. 2017. **Pengukuran Viskositas Beberapa Produk Minyak Goreng Kelapa Sawit Setelah Pemanasan.** Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia 9 (1): 28 – 32